

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Optique et Photonique Appliquée

Mémoire de Master

Etude de l'effet du laser de puissance sur le verre organique CR39

Étudié par : MEBARKI Ishak

Dirigé Par : Dr. GUESSOUM Assia

Devant le jury :

(Président) : Dr. MADOU karima

(Examineur) : Dr. MAROUF Sarra

Soutenue le : 02/07/2023

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
I Chapitre 01 : Généralités sur les lasers	2
I.1. Historique du laser	2
I.2. Définition de laser	2
I.3. Caractéristiques des lasers	3
I.3.1. Cohérence	3
I.3.2. monochromaticité:.....	3
I.3.3. Directivité :	3
I.4. Les éléments fondamentaux d'un laser	4
I.4.1. Un milieu amplificateur	4
I.4.2. Un système d'excitation	4
I.4.3. Un résonateur optique (cavité)	4
I.4.4. Couplage	5
I.5. Bases théoriques de laser.....	5
I.5.1. L'absorption.....	6
I.5.2. L'émission spontanée	7
I.5.3. L'émission stimulée	7
I.6. Réalisation de l'inversion de population	8
I.6.1. Système à 3 niveaux	8
I.7. Types de fonctionnement des lasers.....	9
I.7.1. Les lasers continus.....	10
I.7.2. Les lasers impulsionnels	10
I.8. Les divers types de lasers	11
I.8.1. Laser solide :	11
I.8.2. Laser semi conducteur	12
I.8.3. Laser à fibre	13
I.8.4. Laser à gaz	13
I.8.5. Laser à colorant	15
I.9. Les applications de laser.....	15
I.9.1. Application au domaine de la médecine	15
I.9.2. Application au domaine de l'industrie	15
I.9.3. Application au domaine de télécommunication	15

Sommaire

I.9.4.	Application au domaine de métrologie.....	16
I.9.5.	Autres application	16
II	Chapitre 02: Interaction Laser Matière	17
II.1.	Interaction Lumière Matière	17
II.1.1.	Classification des familles de matériaux	17
II.1.2.	La structure de la matière	17
II.1.3.	Catégories de matériaux optiques	18
II.1.4.	Interactions physiques lumière-matière	19
II.2.	Interaction laser-matière.....	22
II.2.1.	Interaction thermique	22
II.2.2.	Interaction mécanique	22
II.2.3.	Interaction photoélectronique	22
II.3.	Le phénomène de l'endommagement laser	22
II.3.1.	Seuil d'endommagement laser.....	23
II.3.2.	Mesures de probabilités d'endommagement.....	23
II.3.3.	Méthodes de détection de l'endommagement	25
II.4.	Interaction laser-Cr39.....	25
II.4.1.	Le matériaux CR39.....	25
II.4.2.	Les applications du CR39 dans le domaine optique.....	26
II.4.3.	Interaction laser-CR39	26
III	Chapitre 03: partie pratique.....	27
III.1.	Introduction.....	27
III.2.	Le materiel utilisé	27
III.2.1.	laser de puissance	27
III.2.2.	Microscope d'observation « Bresser »	29
III.2.3.	lentilles en CR-39	30
III.3.	Processus d'expérimentation	31
III.4.	Les essais	32
III.4.1.	la forme de la gravure dans une lentille cr39.....	32
III.4.2.	Test 01	33
III.4.3.	Test 02	41
III.4.4.	Test 03	42

Sommaire

-------------	--

III.5. Conclusion	47
Conclusion générale	49

Liste des tableaux



TABLEAU 1: PROPRIETES DU « ES LASER ».....	28
TABLEAU 2: PROPRIETES DE MICROSCOPE BRESSER	29
TABLEAU 3: LES RESULTATS DE TEST 01	35
TABLEAU 4: CALCULE DE LA PROFONDEUR DE POINT D'IMPACT	37
TABLEAU 5: LES DIAMETRES DES POINTS D'IMPACTES POUR LES IMAGES 4, 5,6 ET 7	40
TABLEAU 6: LES RESULTATS DE TEST 02	42
TABLEAU 7: LES RESULTATS DE TEST 03	43
TABLEAU 8: LES VALEURS DE POINTS NOIRS DE TOUS LES CARRES.....	47

Liste des figures

FIGURE 1 : L'HISTORIQUE DU LASER	2
FIGURE 2 : DIRECTIVITE DU FAISCEAU LASER	3
FIGURE 3: REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PRINCIPE D'UN LASER	4
FIGURE 4: LES CAVITES AVEC DES MIROIRS PLATS ET COURBES	5
FIGURE 5: CAS D'ABSORPTION D'UN PHOTON	6
FIGURE 6: CAS DE L'EMISSION SPONTANEE	7
FIGURE 7: CAS DE L'EMISSION STIMULEE	7
FIGURE 8: SYSTEME LASER A 03 NIVEAUX	8
FIGURE 9: SYSTEME LASER A 04 NIVEAUX	9
FIGURE 10: LA PUISSANCE LASER EN MODE CONTINU ET EN MODE PULSE	9
FIGURE 11: SCHEMA DE LA GENERATION D'UNE IMPULSION LASER : (A) PAR LE DECLenchement; (B) PAR LE BLOCAGE DE MODE	11
FIGURE 12: SCHEMA DE LASER Nd:YAG	11
FIGURE 13: REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES BANDES D'ENERGIE DANS UN SEMI CONDUCTEUR	12
FIGURE 14 : REPRESENTATION DE LA JONCTION P-N	13
FIGURE 15: SCHEMA DE LASER A FIBRE	13
FIGURE 16: SCHEMA LASER A GAZ	14
FIGURE 17: CLASSIFICATION DES FAMILLES DE MATERIAUX	17
FIGURE 18: LA STRUCTURE DE L'ATOME	17
FIGURE 19: EXEMPLE COMPLEXE D'UN ECLAIRAGE ARTIFICIEL	20
FIGURE 20: SPECTRE D'ABSORPTION DE VERRE ORGANIQUE (CR-39)	21
FIGURE 21: PRINCIPE D'UNE MESURE STATISTIQUE DE TENUE AU FLUX LASER	24
FIGURE 22: LA DENSITE D'ENERGIE VUE PAR UN SITE DANS LES DIFFERENTES PROCEDURES	25
FIGURE 23: STRUCTURE CHIMIQUE DU MONOMERE PADC	26
FIGURE 24: EQUIPEMENT DU LASER DE HAUTE PUISSANCE	27
FIGURE 25: MICROSCOPE « BRESSER »	30
FIGURE 26: FENETRE DE PARAMETRER LES PROPRIETES LASER DANS LE LOGICIEL ES MARK	31
FIGURE 27: PRESENTATION DE LOGICIEL « IMAGE PRO PLUS »	32
FIGURE 28: LA FORME DE LA GRAVURE SUR UNE LENTILLE CR39	32
FIGURE 29: UNE FIBRE AVEC GROSSISSEMENT (10x20)	37
FIGURE 30: UNE FIBRE AVEC GROSSISSEMENT (10x40)	38
FIGURE 31: DETERMINATION LE DIAMETRE DE LA FACE DE PROFONDEUR DE L'IMPACT	38
FIGURE 32: DETERMINATION LE DIAMETRE DE LA PREMIERE FACE	39
FIGURE 33: LA FORME GENERALE DE POINT D'IMPACT	39
FIGURE 34: COURBE DE VARIATION DES DIAMETRES DE POINT D'IMPACT EN FONCTION DE FREQUENCE	40
FIGURE 35: LA FORME DES TRAITS DE GRAVURE	41
FIGURE 36: LENTILLE CR39 AVEC UNE COUCHE ANTIREFLET	44
FIGURE 37: LES GRAVURES DE CR39 TRAITEES PAR LOGICIEL IMAGE PRO PLUS	44
FIGURE 38: MESURE LA PROBABILITE D'ENDOMMAGEMENT	45
FIGURE 39: COURBE DE LA PROBABILITE D'ENDOMMAGEMENT DU MATERIAU (CR39)	45
FIGURE 40: VALEUR DE POINTS NOIRS DE CHAQUE CARRE	46
FIGURE 41: LA COURBE DE VALEURS DE POINTS NOIRS	47

Résumé

- **Résumé**

Le mémoire explore l'endommagement du matériau CR39 par des lasers de forte puissance. Il met en évidence les conditions nécessaires pour obtenir des effets marquants et propose des seuils d'endommagement comme indicateurs d'aide à la décision. Des expériences ont été menées en manipulant différents paramètres expérimentaux. Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre les mécanismes d'endommagement et fournissent des seuils d'endommagement pour guider l'utilisation sécuritaire des lasers. De plus, le mémoire souligne la possibilité de réaliser des gravures en surface sans détériorer le matériau en profondeur. Ces avancées offrent de nouvelles perspectives dans divers domaines où des gravures détaillées sont requises tout en préservant l'intégrité du matériau.

- **Abstract**

The thesis explores the damage caused to the CR39 material by high-power lasers. It highlights the necessary conditions to achieve significant effects and proposes damage thresholds as decision-making indicators. Experiments were conducted by manipulating various experimental parameters. The results enhance the understanding of the damage mechanisms and provide damage thresholds to guide the safe use of lasers. Additionally, the thesis emphasizes the possibility of surface engravings without compromising the material's depth. These advancements offer new perspectives in various fields where detailed engravings are required while preserving the material's integrity.

➤ les mots clés

- Laser de puissance
- Effets du laser
- Endommagement
- Verre organique
- CR39

Introduction Générale

Introduction générale

Les lasers jouent un rôle important dans de nombreux aspects de notre vie quotidienne. Leur utilisation a un impact significatif dans divers domaines, tels que la médecine, les communications, l'industrie, la recherche scientifique et même le divertissement. Les lasers sont des dispositifs qui émettent des faisceaux de lumière cohérente et concentrée, possèdent plusieurs propriétés qui les distinguent des autres sources de lumière. La puissance d'un laser fait référence à la quantité d'énergie lumineuse qu'il produit par unité de temps. Elle est mesurée en watts (W) et peut varier considérablement en fonction du type de laser et de son application spécifique. Les généralités sur la description du laser sont reportées dans le premier chapitre (généralité sur les lasers).

Dans le deuxième chapitre, il est important de comprendre les interactions entre les lasers et les matériaux pour choisir les paramètres laser appropriés aux différentes applications. Des études et des tests approfondis sont souvent nécessaires pour évaluer les effets du laser sur un matériau spécifique et déterminer les conditions optimales pour l'usinage, le traitement ou d'autres applications. L'endommagement est un phénomène qui se produit lorsque l'interaction entre un faisceau laser et un matériau entraînant des dommages permanents, indésirables ou non, dans le matériau. Les conditions d'endommagement peuvent varier en fonction de divers facteurs, tels que la puissance du laser, la durée d'impulsion, la longueur d'onde, ...etc.

Le CR39 est un type de matériau utilisé dans la fabrication de verres optiques, notamment pour les lunettes de correction et les lunettes de soleil. Lorsqu'un faisceau laser interagit avec le matériau CR39, plusieurs effets peuvent se produire en fonction de la puissance du laser et d'autres paramètres. Alors, Il est important de noter que la puissance de seuil d'endommagement du CR39 peut varier en fonction de sa qualité, de sa composition exacte et des conditions d'irradiation. Dans notre cas d'étude nous portons un intérêt particulier à la possibilité de réaliser des gravures en surface sans détériorer le matériau en profondeur. Pour cela, dans l'étude pratique on se focalise sur la détermination des conditions limites des effets d'endommagement.