

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Ferhat Abbas- Sétif 1
Institut : Optique et Mécanique de Précision
Département : Optique
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Optique et Mécanique de Précision
Spécialité : Optique et Photonique Appliquée

Mémoire de Master

Thème

Etude, fabrication et application des réseaux blazés

Etudié par : Bouhafer Djihad

Dirigé Par : Pr. Belkhir Abdelhak

Devant le jury :

B. Belloui	(Président)
A. Nouri	(Examineur)
A. Belkhir	(Examineur)

Soutenue le : 04/07/2023

Table des matières

Remerciement	1
Résumé	4
Introduction générale.....	5
Chapitre I : Théorie de diffraction	6
I.1 Introduction.....	6
I.2 Phénomène de diffraction	6
I.3 Principe de Huygens	7
I.4 Théorie de Huygens-Fresnel.....	8
I.5 Diffraction de Fresnel et Fraunhofer	9
<i>I.5.1 Approximation de Fresnel ou diffraction à distance finie.....</i>	<i>9</i>
<i>I.5.2 Approximation de Fraunhofer ou diffraction à l'infini.....</i>	<i>10</i>
I.6 Diffraction par une fente rectangulaire	11
<i>I.6.1 Diffraction par une fente fine</i>	<i>12</i>
<i>I.6.2 Diffraction par une fente carrée</i>	<i>13</i>
I.7 Diffraction par une ouverture circulaire	13
Chapitre II : Diffraction & Interférence	16
II.1 Introduction.....	16
II.2 Phénomène d'interférences.....	16
II.3 Conditions pour observer des interférences.....	16
II.4 Différence de marche	17
II.5. Interfrange d'interférences :	18
II.6 Diffraction par 2 fentes :	19
II.7 Diffraction par 3 fentes	21
II.8 Diffraction par N fentes.....	21
Chapitre III : Fabrication	25
III.1 Introduction.....	25
III.2 Caractéristiques d'un réseau	25
III.3 Fabrication des réseaux.....	26
<i>III.3.1 Réseaux gravés</i>	<i>26</i>
<i>III.3.2 Lithographie.....</i>	<i>28</i>
III.3.2.1 Lithographie à UV	28
<i>III.3.3 Réseaux holographiques</i>	<i>29</i>
<i>III.3.4 Réseau acousto-optique</i>	<i>31</i>
Chapitre IV : Réseaux blazés.....	32

IV.1 Introduction	32
IV.2 Différents types de réseaux plans	32
IV.2.1 Réseaux d'amplitude	32
IV.2.2 Réseaux de phase	32
IV.3 Formule du réseau	32
IV.3.1 Les réseaux à transmission.....	33
IV.3.2 Les réseaux à réflexion	33
IV.4 Propriétés des réseaux.....	34
IV.4.1 Dispersion angulaire.....	34
IV.4.2 Déviation d'un réseau	34
IV.4.3 Pouvoir de résolution	35
IV.5 Réseaux blazés	36
IV.5.1 Intérêt et profil	36
IV.5.2. Conditions d'utilisation.....	36
IV.5.3. Intensité lumineuse diffractée.....	37
Chapitre V : Applications des réseaux	38
V.1 Introduction	38
V.2 Dispersion par un réseau de diffraction.....	38
V.3 Réalisation de spectres de couleurs.....	38
V.4 Spectromètres à réseaux plans	39
V.4.1 Monochromateurs.....	39
V.4.2 Spectrographes	40
V.5 Compression, étirement et amplification des impulsions laser.....	41
Chapitre VI : Simulation.....	43
VI.1 Intensité lumineuse diffractée par un réseau.....	43
VI.1.1 La diffraction	43
VI.1.2 L'interférence.....	44
VI.1.3 L'intensité	44
VI.2 Intensité lumineuse diffractée par un réseau blazé	45
VI.2.1 La diffraction	45
VI.2.2 La dispersion.....	46
Conclusion	48

Résumé

Les applications de l'imagerie spectrale toujours croissantes exigent une résolution spectrale et spatiale de très bonne qualité. Les spectro-imageurs à réseau de diffraction sont donc privilégiés car ils offrent une résolution spectrale élevée pour une bande spectrale large par rapport aux autres types comme ceux à prisme ou à transformée de Fourier. Les réseaux blazés sont exploités à cette fin surtout qu'actuellement, ce type de réseau offre beaucoup d'avantages : traite efficacement la dispersion, il envoie la puissance lumineuse incidente dans des ordres élevés du spectre, avec une grande dispersion spectrale ; qui offre un champ de vision plus large et des aberrations plus faibles. Le premier objectif de la thèse est d'étudier les réseaux de diffraction en expliquant les deux phénomènes de diffraction et d'interférence. Le deuxième objectif de la thèse est d'expliquer les techniques les plus importantes de fabrication de réseaux et d'aborder leurs applications dans le domaine de la spectroscopie en particulier et de l'optique en général.

Abstract

The ever-increasing applications of spectral imaging require a spectral and spatial resolution of very good quality. Diffraction grating spectro-imagers are therefore preferred because they offer a high spectral resolution for a wide spectral band compared to other types such as those with a prism or a Fourier transform. Blazed gratings are exploited for this purpose, especially since currently, this type of grating offers many advantages: it effectively processes the dispersion, it sends the incident light power in high orders of the spectrum, with a large spectral dispersion; which offers a wider field of view and lower aberrations. The first objective of the thesis is to study diffraction gratings by explaining the two phenomena of diffraction and interference. The second objective of the thesis is to explain the most important techniques for manufacturing gratings and to address their applications in the field of spectroscopy in particular and optics in general.

ملخص

تتطلب تطبيقات الصور الطيفية المتزايدة دائماً جودة طيفية ومكانية عالية وبالتالي، فإن متحلات الصور الطيفية بشبكة تشتت تعتبر المفضلة نظراً لتوفيرها لدقة طيفية عالية لنطاق طيفي واسع مقارنةً بأنواع أخرى مثل المنشور أو التحويلة الفوري. تُستخدم الشبكات المشعة لهذا الغرض بشكل خاص حيث يقدم هذا النوع من الشبكات العديد من المزايا في الوقت الحالي: يتعامل بفعالية مع التشتت، ويوجه الطاقة الضوئية الواقعة إلى أوامر طيفية عالية تشتت طيفي كبير؛ وهو ما يوفر مجال رؤية أوسع وتشويهاً أقل. الهدف الأول لهذه الرسالة هو دراسة شبكات التشتت وشرح ظاهرتي التشتت والتداخل والهدف الثاني لهذه الرسالة هو شرح أهم تقنيات تصنيع الشبكات ومناقشة تطبيقاتها في مجال الطيفيات بشكل خاص والبصريات بشكل عام.

Introduction générale

L'optique diffractive est reconnue comme un domaine spécifique dans l'optique depuis une décennie, mais ses origines remontent au 19^{ème} siècle. Les premières expériences de l'optique diffractive sont réalisées par Rayleigh (1871), Soret (1875) et Wood (1898). Ces expériences ont démontré la maîtrise de la redistribution angulaire de la lumière par diffraction. En parallèle les réseaux de diffraction ont été développés par Rowland (1882) et les réseaux en échellette par Wood (1910). Parmi les composantes diffractives les plus importants : les micro-lentilles, les lentilles de Fresnel et les réseaux. Et ce dernier est le sujet de la thèse, à savoir les réseaux blazés. [22]

Dans les premier et deuxième chapitres, nous discuterons de l'explication des phénomènes de diffraction et d'interférence afin de comprendre le fonctionnement des réseaux. La diffraction a souvent été considérée comme néfaste lors de la conception d'un système optique. Cette façon de voir s'est progressivement inversée depuis l'essor des micros et nanotechnologies. Cet essor a en effet changé notre façon d'appréhender les phénomènes de diffraction dans les systèmes d'imagerie. En fait, la diffraction peut être utilisée à bon escient dans un système optique afin d'en améliorer les performances.

Dans le troisième chapitre, nous expliquerons les techniques de fabrication des réseaux, que ce soit par interférence, appelées réseaux holographiques, ou par méthode mécanique, appelées réseaux gravés.

Quant au quatrième chapitre, nous le consacrons aux caractéristiques des réseaux telles que la dispersion, et son impact sur les performances des réseaux, puis nous abordons le détail des principes de fonctionnement des réseaux blazés.

Enfin, nous concluons par un chapitre sur les applications des réseaux, dont la plus importante est la spectrophotométrie.