

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : optique et photonique appliquée

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : optique et photonique applique

Mémoire de Master

Etude par simulation numérique des filtres interférentiels par transmission

Etudiée par : Bouabdallah Amani.

Dirigée Par : Dr. Madoui Karima

Devant le jury :

(Président) : Dr. Guessoum A

(Examineur) : Pr. Bouafia M

Année universitaire: 2021/2022

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Sommaire	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Les filtres.

I.1. Définition des filtres	2
I.2. Les filtres électroniques	2
I.2.1. Définition	2
I.2.2. Les types des filtres électroniques	2
I.2.2.1. Le filtre passe-bas	2
I.2.2.2. Le filtre passe-haut	3
I.2.2.3. Le filtre passe-bande	3
I.2.2.4. Le filtre de réjection de bande	3
I.3. Les filtres de communication	3
I.4. Les filtres optiques	3
I.4.1. Définition	3
I.4.2. Les propriétés optiques	4
I.4.2.1. Transmission	4
I.4.2.2. Densité optique	4
I.4.2.3. Réflexion	5
I.4.3. Fonction optiques de filtrage spectral	5
I.4.3.1. Filtres de contour	5
I.4.3.2. Filtre passe-bande	5
I.4.4. Les types des filtres optiques	6
I.4.4.1. Les Filtres absorbants	6
I.4.4.2. Les filtres interférentiels	8
I.4.4.3. Les filtres à densité neutre(ND)	8

I.4.4.4. Les filtres optiques à base photonique.....	9
I.5. Les applications des filtres optiques	10

Chapitre II : Filtres optiques interférentiels.

II.1. Introduction	11
II.2. Définition d'une couche mince	11
II.3. La technique de dépôt des couches minces pour réalisation des filtres interférentiels	11
II.4. Les matériaux utilisés pour les filtres interférentiels	12
II.4.1. Les oxydes	12
II.4.2. Les fluorures	13
II.4.3. Les sulfures	13
II.4.4. Les semi-conducteurs monoatomiques	14
II.5. Fonctionnement des filtres interférentiels	14
II.5.1. Définition du phénomène d'interférences	14
II.5.2. Filtres interférentiels à monocouche	15
II.5.3. Filtres interférentiels par transmission à multiples couches	16
II.5.4. Filtres interférentiels par réflexion à multiples couches	17
II.6. Les différents types des filtres interférentiels	18
II.6.1. Miroir de Bragg	19
II.6.2. Le Fabry-Perot	19
II.6.3. L'antireflet (AR)	20
II.6.4. Le filtre bord de bande	21
II.6.5. Le Filtre de notch	21
II.7. Propriétés optiques des filtres interférentiels	22
II.7.1. Intensité de Réflectance et de transmittance par une interface	22
II.7.1.1. Les coefficients de Fresnel	23
II.7.2. Intensité de Réflectance et de transmittance dans un filtre interférentiel	24
II.7.2.1. L'intensité de réflectance complexe de la lumière	24
II.7.2.2. L'intensité de la transmittance complexe de la lumière	27

Chapitre III : Etude numérique des filtres interférentiels.

III.1. Introduction	28
III.2. MATLAB	28

III.3. Vérification de programme simulé	29
III.4. Les matériaux étudiés pour faire un filtre	30
III.4.1. Le substrat	30
III.4.2. Matériaux des couches minces utilisés dans les domaines UV-VIS-PIR	31
III.4.2.1. Dioxyde de Silicium ou silice (SiO_2)	31
III.4.2.2. Dioxyde de Titane, TiO_2	31
III.5. Etude de l'influence des paramètres optico-physiques sur la transmission de la lumière.....	31
III.5.1. Revêtement monocouche ($N=1$)	31
III.5.1.1. Effet de la variation d'épaisseur	33
III.5.1.2. Produire des filtres colorés	34
III.5.1.3. Effet de la variation de l'angle d'incidence	34
III.5.2. Revêtements bicouches ($N=2$)	35
III.5.3. Revêtements trois couches ($N=3$)	37
III.5.3.1. Deux matériaux différents	37
III.5.3.2. Trois matériaux différents	38
III.5.4. Revêtements quatre couches ($N=4$)	39
III.5.4.1. Périodique de deux matériaux différents	40
III.5.4.2. Quatre matériaux différents	41
III.5.4.3. Couches minces intermédiaires similaires	42
III.5.5. Effet de l'augmentation de nombre des couches pair et impair	43
III.5.5.1. Matériau d'indice haut (TiO_2) sur le substrat	44
III.5.5.2. Matériau d'indice bas (SiO_2) sur le substrat	44
III.5.6. Augmentation de nombre des couches	45
III.5.6.1. Effet de variation de nombre de couche	45
III.5.6.2. Effet de la variation des épaisseurs des couches pour un empilement de 20 couches	46
III.5.7. Utilisation des couches intermédiaires similaires dans un empilement	47
III.5.7.1. Changement de matériau de la couche intermédiaire	47
III.5.7.2. Effet de variation l'épaisseur des couches intermédiaires	49

III.5.7.3. Utilisation quatre couches intermédiaires similaires dans un empilement	50
Conclusion générale	51
Référence bibliographie	

Résumé

Les filtres optiques jouent un rôle important dans tous les domaines de la science et de la technique. Les filtres optiques servent à transmettre des bandes spectrales de largeur déterminée dans un spectre continu ou à isoler certaines radiations dans un spectre de raies.

Dans ce travail, nous avons simulé des filtres interférentiels pour un empilement de plusieurs couches. Ces filtres ont été largement développés grâce aux progrès de la technologie des couches minces par évaporation sous vide sur une face du substrat ou sur les deux faces. Nous limiterons notre étude aux filtres de forme schématique (air/couche mince/sub). Il est possible d'obtenir des filtres avec des largeurs de bande larges ou étroites, dans n'importe quelle région du spectre, avec une bonne transmittance et une excellente qualité optique.

Utilisation d'un modèle mathématique basé sur la transmission d'ondes électromagnétiques pour des filtres interférentiels de formes schématiques (air/couches minces/substrat) permet d'analyser les spectres de transmittance d'une manière plus rigoureuse et connaître quelles sont les conditions optimales pour construire des fonctions spectrales tels que : passe-bas, passe-haut, passe bande.

Abstract

Optical filters play an important role in all fields of science and technology. Optical filters are used to transmit spectral bands of determined width in a continuous spectrum or to isolate certain radiations in a line spectrum.

In this work, we have simulated interference filters for a stack of several layers. These filters have been widely developed thanks to advances in thin film technology by vacuum evaporation on one side of the substrate or on both sides. We will limit our study to filters of schematic form (air/thin layer/sub). It is possible to obtain filters with wide or narrow band widths, in any region of the spectrum, with good transmittance and excellent optical quality.

Use of a mathematical model based on the transmission of electromagnetic waves for interferential filters of schematic form (air/thin layers/substrate) allows to analyze the spectra of transmittance in a more rigorous way and to know what are the optimal conditions to build spectral functions such as: low pass, high pass, band pass.