

Résumé

Les filtres optiques interférentiels, constitués le plus souvent d'un empilement de couches diélectriques déposées sur un substrat de verre, réalisent des fonctions essentielles à tout système optique actuel (antireflets, polariseurs, sélecteurs, dichroïques, séparateurs, miroirs, égaliseurs...). De façon générale, les phénomènes d'origine thermique dans ces filtres, qui apparaissent notamment lorsqu'ils sont soumis à des flux lasers, ne peuvent pas être négligés. D'une part, ils peuvent être responsables de nombreux problèmes allant de la dégradation des performances optiques du filtre à son endommagement irréversible. Et d'autre part, ils sont à la base des différents procédés de caractérisation de l'absorption des filtres, comme la déflexion photo-thermique, l'interférométrie photo-thermique ou encore la thermographie par détection synchrone.

Cependant, décrire avec précision ces phénomènes demeure une étape difficile. Les modèles existants sont souvent incomplets, reposent sur des approximations ou ne sont pas adaptés au domaine des filtres interférentiels. L'objectif de cette thèse est donc en premier lieu de proposer des outils théoriques permettant de modéliser avec précision les *phénomènes thermiques photo-induits* dans les couches minces optiques, en régime arbitraire d'illumination (pulsé, cadencé, continu).

Ces processus photo-induits trouvent leur origine dans l'absorption des composants multi-diélectriques, dont la densité volumique constitue la source de chaleur responsable d'une élévation de température dans le composant. Ainsi, la **température photo-induite** est le premier phénomène thermique étudié dans cette thèse et une description complète à partir des paramètres des couches et de l'éclairement est proposée. Elle s'appuie principalement sur une analogie entre l'optique et la thermique, permettant d'obtenir un modèle analytique de la température. Cette procédure permet de mieux cibler l'influence des différents paramètres d'entrée, et d'aborder plus avant les phénomènes d'endommagement laser ou d'auto-organisation de nanoparticules.

L'élévation de température donne lieu à une modification du **rayonnement thermique** du filtre. Bien souvent, la modélisation de ce rayonnement en régime d'éclairement monochromatique est ramenée à un calcul d'émissivité en lien avec la loi de Kirchhoff, qui stipule son égalité avec l'absorption. Cependant, cette méthode s'avère insuffisante lorsque l'on veut aller plus loin dans le détail du bilan des processus thermiques (ondes évanescentes, modes guidés par couplage, régimes transitoires). Ainsi dans ce travail de thèse, on propose une modélisation directe du rayonnement thermique photo-induit. Cela signifie que l'on s'appuie sur les différents travaux de la physique statistique qui permettent de relier l'agitation thermique des particules à des densités

volumiques de courant électrique. Ces courants sont insérés dans les équations de Maxwell pour obtenir le champ électromagnétique rayonné en espace libre, appelé rayonnement thermique. La méthode de résolution s'appuie sur les travaux en lien avec les microcavités luminescentes et la diffusion volumique de la lumière dans les filtres.

La méthode de résolution permet également de concevoir des filtres qui confinent et exaltent leur propre rayonnement thermique dans une faible bande spectrale ou angulaire. De manière plus large, cela ouvre la voie au **contrôle du rayonnement thermique** par des cavités planaires multicouches, qui constitue un important domaine de recherche dans les secteurs de la Défense et de l'Énergie. Une méthode analytique de synthèse est proposée pour générer des exaltations géantes de champ en microcavité, avec application au rayonnement thermique.

Enfin, cette analyse précise du rayonnement thermique permet, pour la première fois, de quantifier avec précision la part du rayonnement thermique photo-induit qui est transférée sous forme de modes guidés à la structure multi-diélectrique.

Mots clés : filtres optiques interférentiels, rayonnement thermique, température photo-induite