

Microcavités de silice : Excitation par fibre des modes de galerie et fonctionnalisation par des nanocristaux de silicium

Cette thèse exploite les modes de galerie de microcavités optiques, qui résultent d'un guidage par réflexion totale interne et possèdent des facteurs de qualité très élevés et de faibles volumes modaux.

Ce mémoire rappelle dans un premier temps la description théorique des modes des microsphères et des microtores de silice. Leur fabrication est ensuite présentée, en soulignant les améliorations apportées au cours de la thèse, notamment la production de sphères de diamètre inférieur à 20 μm , et l'amélioration de la symétrie des tores à l'aide d'une polarisation circulaire. Nous présentons une étude détaillée de leur excitation par un coupleur fibré en insistant sur le phénomène d'interférence en ondes évanescentes qui se produit dans le gap. Ce phénomène est responsable des élargissements et déplacements des résonances dont je présente une étude poussée. Cette approche débouche sur une méthode très efficace de détermination de l'ordre radial. Par ailleurs, on observe des formes de résonance inattendues, qui résultent d'interférences entre deux modes du coupleur dans une configuration analogue à l'interféromètre de Mach-Zehnder.

Nous abordons enfin la réalisation de microsources fondées sur l'émission de nanocristaux de silicium (NC Si) dans ces cavités. Les émetteurs ont des tailles contrôlées allant de 0,6 à 6 nm. Le chauffage au laser CO₂ active la photoluminescence des NC Si autour de 750 nm, puis induit leur destruction partielle par coalescence. Le facteur de remplissage optique et les défauts de la matrice apparaissent comme les principaux obstacles à une amélioration significative des performances. Il a été possible de collecter l'émission de NC Si couplés à des microtores, en champs proche et lointain.

MOTS CLÉS : microcavités ; modes de galerie ; ondes évanescentes ; silicium ; nanocristaux ; photoluminescence.

Silica microcavities : Fibre excitation of whispering gallery modes and coupling with Silicon nanocrystals

This thesis uses whispering gallery modes of optical microcavities. They result from total internal reflexion guidance and exhibit very high quality factor and small mode volume.

As a first step, this manuscript gives theoretical descriptions of silica microsphere and microtoroid modes. Then, their fabrication is presented. Some improvements, such as the production of sub-20 μm diameter spheres and the use of circular polarization to improve the symmetry of the toroid, are described. We present an in-depth study of their excitation by the taper coupler. We put the stress on the evanescent wave interference phenomenon occurring in the gap. This is responsible for resonance broadening and shifts I study theoretically and experimentally. The previous approach leads to a very powerful technique to determine the radial order. We observe also unexpected resonance lineshapes resulting in coupler modes interferences by analogy with a Mach-Zehnder interferometer.

Finally, we raise the issue of Silicon nanocrystal (Si-nc) based microsource using these resonators. The emitters have a controlled size ranging from 0.6 to 6 nm. The CO₂ laser reflow activates the Si-nc photoluminescence around 750 nm, but leads to coalescence of the material and a partial destruction. The optical filling factor and the defects in the matrix seem to be the main limitations for significant improvement of the performances. It has been possible to collect the emission from Si-nc coupled with microtoroids in the near and far fields.

KEYWORDS : microcavities ; whispering gallery modes ; evanescent waves ; Silicon ; nanocrystals ; photoluminescence.