

Soutenance de Thèse

le mercredi 29 mars 2017 à 13h45
Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N),
Orsay, salle Pierre Grivet

THI HONG CAM HOANG

« Cavités à fente à cristaux photoniques pour l'intégration hybride sur silicium »

Membres du jury :

M. Emmanuel CENTENO	Institut Pascal / Univ. Blaise Pascal	Rapporteur
M. Boris GRALAK	Institut Fresnel / Université Aix Marseille	Rapporteur
Mme Cécile JAMOIS	Institut des Nanotechnologies de Lyon / Ecole Centrale de Lyon	Examinatrice
M. Abderrahim RAMDANE	Centre for Nanosciences and Nanotechnologies / Univ. Paris-Sud	Examineur
M. Eric CASSAN	Centre for Nanosciences and Nanotechnologies / Univ. Paris-Sud	Directeur de thèse

Résumé :

Cette thèse est une contribution à modélisation et à l'étude expérimentale de cavités à cristaux photoniques à fente développées en vue d'une intégration hybride de matériaux actifs sur silicium. Parmi les travaux de conception, nous avons d'abord utilisé la méthode des ondes planes et la méthode FDTD pour concevoir une série de cavités SOI à hétérostructure mécaniquement robustes (approche non membranaire), présentant des longueurs d'onde de résonance dans la gamme des télécommunications (1,3 μm - 1,6 μm), des facteurs de qualité de plusieurs dizaines de milliers, et des volumes modaux proches de $0,03(\lambda/n)^3$. Nous avons ensuite étudié analytiquement et numériquement le couplage entre une cavité à cristaux photoniques à fente et un guide d'onde à fente par la théorie des modes couplés, complétée par des simulations FDTD, qui ont permis de confirmer la possibilité d'exciter efficacement les modes de fente des cavités à partir d'un guide externe. Enfin, nous avons étudié numériquement et semi-analytiquement des géométries de molécules photoniques constituées de deux cavités à cristaux photoniques à fentes couplées, dont l'écart fréquentiel entre les supermodes a pu être ajusté en amplitude en signe. Nous avons utilisé une méthode perturbative (« Tight binding ») pour estimer les distributions spatiales des modes des molécules photoniques et prédire leurs fréquences dans plusieurs configurations de cavités de cristaux photoniques à fentes couplées.

Ce travail a été complété par une partie expérimentale qui a permis de confirmer les propriétés des cavités à cœur creux dimensionnées par simulation numérique. Des facteurs Q/V supérieurs à 600 000 et atteignant 10^6 dans le meilleur des cas (vers $\lambda \approx 1,3 \mu\text{m}$) ont ainsi été observés. Cette phase expérimentale préliminaire a donné ensuite lieu à deux types de développements. Tout d'abord, les propriétés des cavités à cristaux photoniques à fentes ont été étudiées pour des applications en détection d'indice en volume, et testées en utilisant différents liquides d'indice de réfraction compris entre 1,345 à 1,545. Les résonateurs étudiés ont présenté des facteurs de mérite de détection d'indice ($FOM = SQ/\lambda_0$) de l'ordre de 3700. Dans une autre direction, l'utilisation de ces résonateurs diélectriques à fente a été explorée en vue d'une intégration des matériaux actifs sur silicium. Un polymère dopé aux nanotubes de carbone semiconducteurs a été déposé comme matériau de couverture en vue d'étudier le renforcement de la photoluminescence (PL) des nano-émetteurs sous pompage optique vertical vers $\lambda = 740 \text{nm}$. Les expériences conduites ont permis de corrélérer le renforcement de la PL des nanotubes avec les modes de résonance des cavités et de démontrer le couplage partiel de cette PL vers des guides SOI longs de plusieurs millimètres (collection par la tranche vers $\lambda \approx 1,3 \mu\text{m}$), apportant une preuve de principe d'une possible intégration de nanotubes de carbone pour l'émission de lumière couplée à des guides SOI.

Mots clés : Photonique silicium, guide à cœur creux, cavités à cristaux photoniques, intégration hybride, nanotubes de carbone, photoluminescence

Vous êtes cordialement invités au pot qui suivra cette soutenance