

6 - Description du projet

Objectif scientifique et/ou technologique de la collaboration

Etat de l'art :

Les micro-cavités lasers à base de polymère attirent l'attention de nombre de chercheurs par leurs nombreuses applications potentielles et leur faible coût relatif. Ces composants pourraient être utilisés comme source cohérente dans des circuits optoélectronique intégré ou comme capteur chimique et/ou biologique. Depuis la fin des années quatre-vingt dix, ils ont été étudiés surtout par des méthodes d'optique géométrique et beaucoup de questions restent encore sans réponse. A l'heure actuelle, les codes FDTD sont très répandus dans les laboratoires, mais ils ne permettent pas de modéliser correctement le fonctionnement de ces micro-lasers. En effet, ils ne prennent pas en compte la présence d'un matériau actif et par-là même ne peuvent pas nous renseigner sur certaines propriétés fondamentales telles que le seuil laser. Cependant les simulations numériques et les méthodes d'optimisation sont largement utilisées pour développer des composants optoélectroniques innovants car ils permettent d'en raccourcir le temps et donc de réduire les coûts. Si la communauté des chercheurs et ingénieurs travaillant dans ce domaine possédait des outils de simulation efficaces, elle pourrait proposer de nouveaux dispositifs plus performants tels que des lasers bas seuil à la directionnalité contrôlée.

Problématique :

Du point de vue expérimental, la thèse d'Iryna Gozhyk est centrée sur la caractérisation et la quantification des seuils lasers pour différentes formes de résonateurs. La première année a été consacrée à l'étude détaillée des cavités Fabry-Pérot et carrée. Notamment la polarisation du faisceau de pompe s'est révélée un paramètre crucial contrôlant finement la valeur du seuil. Mais il n'existe pas de prédiction fiable concernant ces valeurs lorsque la forme de la cavité se complique (système pseudo-intégrable comme le pentagone ou chaotique comme le stade de Bunimovich). Il existe donc un besoin expérimental et théorique pour comprendre et prédire les propriétés de ces micro-lasers (seuil, spectre, fonctions d'onde et direction d'émission). L'approche numérique proposée doit alors prendre en compte, en plus des équations de Maxwell, les caractéristiques du milieu de gain et les paramètres du pompage (pompage partiel ou uniforme, polarisation). L'objectif étant d'optimiser la forme de la cavité et le type de colorant laser pour obtenir un composant bas seuil avec un spectre et une directionnalité d'émission contrôlés.

Approche originale proposée :

Récemment l'équipe IRE-NASU a développé une approche originale pour modéliser des résonateurs diélectriques actifs qui peuvent être pompés localement ou en totalité. Elle repose sur l'hypothèse que le matériau actif excité peut être caractérisé par une "absorption négative", autrement dit, par un indice de réfraction possédant une partie imaginaire négative. De plus, les conditions de continuité des champs doivent être imposées aux bords de la zone active et conduisent alors à considérer l'effet laser comme l'émission d'ondes électromagnétiques non atténuées issues d'une zone localisée dans la cavité. Dans cette représentation, le seuil laser est caractérisé par

Liste des fichiers téléchargés par le candidat (cf. annexe)

Programme de travail proposé et calendrier

2011 - Equipe ukrainienne

- Dérivation des équations fondamentales pour l'analyse intégrale de cavités lasers pompées uniformément et reposant sur un substrat. Développement d'un algorithme et écriture d'un code reposant sur la technique de Nystrom. Utilisation du code pour trouver les valeurs propres d'un problème électromagnétique standart.

- Analyse numérique systématique

Systematic numerical analysis of several most interesting microlaser configurations including square, stadium and others. Study of the influence of the cavity shape, its material and the material of the substrate on the microlaser characteristics.

Intérêt de la collaboration et complémentarité des équipes

The value of the project is seen in the development of novel modeling tools able to provide better vision of the effects associated with polymer microcavity lasers and show the ways of lowering their thresholds and improving the directionality of light emission. The project will also enable us to strengthen the research collaboration of two teams and to train young scientists and doctoral students in the area of microcavity laser physics, measurements, and accurate modeling.

Therefore the visits are vital for organizing comparison of experimental and computational results, interpretation of observed effects, verifying the optimized cavity shapes, understanding the underlining physical mechanisms, and refining the models used.

The synergy of two teams will be based on very clear and logical principle. The ENSC team has microcavity laser manufacturing facilities and measuring facilities; it has accumulated impressive experience focused on experimental research and applications. The IRE-NASU team has developed innovative approach to the modeling of microcavity lasers; it has also rich experience in the