

PhD thesis

Title of the project: Quantum dots nanophotonics circuitry

Supervisor(s): G. Colas des Francs and L. Markey

Laboratory : ICB Dijon

Critères de qualité scientifique du sujet :

- *Contexte scientifique général, caractère innovant et impact global du sujet:*

Voir descriptif page suivante.

- *Adéquation du thème scientifique avec les thèmes du laboratoire (si sujet en collaboration avec d'autres laboratoires ou sur des sujets émergents il est important de justifier de manière claire le bénéfice scientifique de le faire à l'ICB).*

Thèse s'appuyant sur l'expertise en nanofabrication (guides nanophotoniques, dépôts de boîtes quantiques), caractérisation optique (microscopie confocale de fluorescence, mesure de durée de vie) et modélisation (couplage émetteur-nanostructures) de l'ICB (plateforme ARCEN et équipe OSNC).

- *Sujet « chaud » et/ou émergent, nécessitant un renforcement rapide.*

Cette thèse bénéficiera des résultats préliminaires obtenus dans le projet ISITE Coils (J.-C. Weeber, 2018-21), l'ITN LIMQUET (G. Colas des Francs, 2018-21) pour développer les aspects applicatifs. La thématique est en renfort du projet européen de GRACED (responsable ICB : L. Markey, 2021-24 – porteur P. Panayiotis CYPRUS RESEARCH AND INNOVATION CENTER LTD) en vue de réaliser des capteurs ultra-compact à bas coût.

- *Débouchés, perspective de l'évolution du sujet après la thèse (au moins des pistes).*

Le bénéfice d'une dynamique de collaboration pan-Européenne est forcément un atout pour un étudiant: inscrire son travail dans un contexte plus large, s'exposer à d'autres méthodes de travail, échanges internationaux, construction d'un réseau professionnel...

- *action de suivi des étudiants.*

Le sujet est à la croisée des thématiques du groupe et l'étudiant(e) bénéficiera du support des EC et C de l'équipe.

Critères d'environnement scientifique, matériel et humain :

- *Faisabilité du sujet : moyens techniques et humains, environnement, encadrement (s'assurer que le doctorant ne risque pas de se retrouver seul)*

Appui scientifique et financier de plusieurs projets de l'équipe (COILS, LIMQUET et plus particulièrement GRACED). Outils théoriques, technologiques, et expérimentaux mis en place dans l'équipe et les plateformes ARCEN (nanofabrication + caractérisation optique dans le domaine visible) ou PICASSO (caractérisation aux longueurs d'ondes telecom) sont opérationnels

PhD thesis

Title of the project: Quantum dots nanophotonics circuitry

Supervisor(s): G. Colas des Francs and L. Markey

Laboratory : ICB Dijon

Summary: Quantum dots (QDs) are nanocrystals of semiconductor that can be engineered to realize optical nanosources in the visible-near IR (telecom) spectral range, electrically or optically driven. QDs have been identified as very promising for many applications including free-space lighting, lasers, displays and solar cells. Integrating colloidal QDs optical nanosources into opto-chip is also very attractive for implementing on chip optical nanophotonic devices with applications ranging from sensing, active nanophotonics or quantum technologies.

The PhD student will investigate QDs based photonic nanodevices. This includes modelisation, nanofabrication and optical characterization of colloidal quantum dots integrated in a nanophotonic circuitry. This project is partially connected to the European project H2020 GRACED (Ultra-compact, low-cost plasmonic bimodal multiplexing sensor, 2021-2023).

A first step will consist in understanding and optimizing the coupling efficiency of QDs coupled to a dielectric (e.g. TiO_2) microring resonator, a configuration we have recently developed [1]. Dedicated models will be developed with particular attention devoted to estimate the coupling rates and efficiency (Purcell and β -factors) [2]. Nanofabrication (e-beam lithography for the localized addressing of the QDs) and optical characterization (confocal microscopy and fluorescence lifetime measurement) will be done in order to measure these key parameters. In a second step, compact QDs nanostructures will be designed and nanofabricated to realize nanophotonic waveguide or optical resonator taking benefit of the high optical index of QDs compact arrangement [3]. Different configurations like QDs encapsulation in a polymer waveguide or QD-loaded plasmonic waveguide can be examined. Optical pumping of the QDs structures will be investigated for lasing applications.

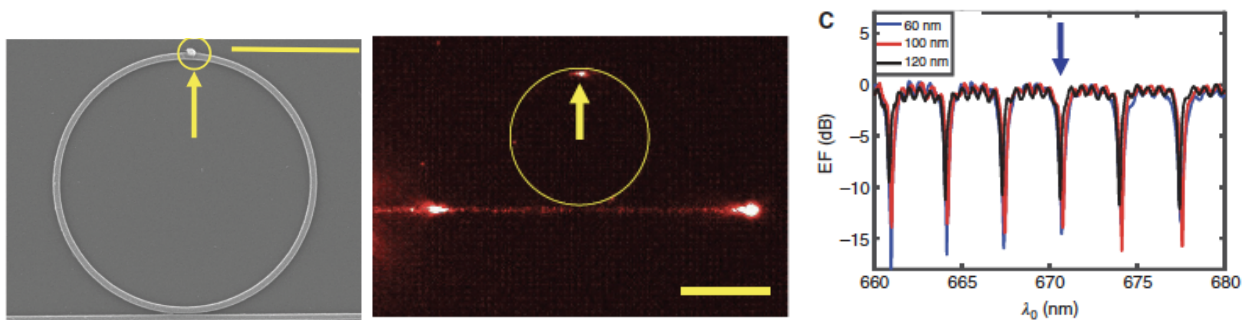


Fig 1: a) SEM image of a ring resonator equipped with a QDs aggregate (scale bar = 5 μm). b) Optical image captured on the CCD camera for bus-waveguide excitation of a resonator. The scattering spot at the location of the arrow results from scattering of light coupled in the resonator by the QD aggregate. c) Spectra recorded at the output port under bus-waveguide excitation of the resonators for different separation gaps. The spectra are plotted relative to the average reference bare waveguide spectrum.

[1] Colloidal quantum dots decorated micro-ring resonators for efficient integrated waveguides excitation, Weeber *et al*, *Nanophotonics* **9**, 1411–1423 (2020).

[2] Plasmonic Purcell factor and coupling efficiency to surface plasmons. Implications for addressing and controlling optical nanosources G. Colas des Francs *et al*, *Journal of Optics* **18**, 094005 (2016).

[3] Colloidal-Quantum-Dot Ring Lasers with Active Color Control, Le Feber *et al*, *Nano Lett.* **18**, 1028–1034 (2018).

Type of project (theory / experiment): experiment and modelling. The setup is mounted and some preliminaries numerical codes exist so that both aspects will be investigated during the PhD thesis.

Required knowledge: Nano-optics background, nanofabrication techniques and confocal microscopy knowledge is a plus.