

Biocapteur photo-électrochimique pour la détection rapide de bactéries dans l'eau

Mots-clefs : Hétérostructures GaAs/AlGaAs, Photo-corrosion, Biocapteur photo-électrochimique, Détection des bactéries

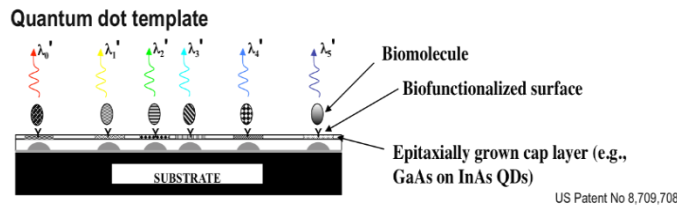


Fig. 1. A cross-section of the photonic template proposed for studying surface reactions involving photoluminescence emitting epitaxial quantum dots.



Porteurs du projet: Jan Dubowski (LN2), Éric Frost (CHUS-3IT)

Étudiants(-es) impliqués (-es) : Walid Hassen, postdoc (2009-2012), Xiaohuan Huang, postdoc (2011-2014), Lilian Sirbu, postdoc (2015-), Elnaz Nazemi, PhD (2012-), Srivatsa Aithal, PhD (2012-), Mohammad Reza Aziziyan, PhD (2013-)

Partenaire industriel : Magnus Chemicals Ltd. (Boucherville)

Autres partenaires académiques : Maria DeRosa (Carleton University, Ottawa)

Période du projet : 2008 -

Description du projet et contexte: Les méthodes traditionnelles de détection des bactéries sont basées dans le laboratoire, elles prennent beaucoup de temps et sont onéreuses. Ainsi, elles ne sont pas aptes à protéger efficacement le public contre de telles menaces. Nous développons une technologie photo-électrochimique de détection de microorganismes dans l'eau qui dépend de semi-conducteurs à effet photo-électrochimique (SPEC) induit dans les hétérostructures GaAs/AlGaAs.

Deux architectures principales étudiées pour l'immobilisation des bactéries reposent sur les anticorps d'Escherichia coli et Legionella pneumophila. L'attachement de ces anticorps à la surface de GaAs est obtenu avec les monocouches autoassemblées (SAM) de thiols et neutravidine qui assurent une liaison commode entre les thiols biotinylés et les anticorps biotinylés. Les alcanethiols SAM jouent également un rôle important en fournissant une protection contre la décomposition rapide (corrosion) des hétérostructures GaAs/AlGaAs, entourés par l'environnement de bactéries (eau ou solution de tampon phosphate salin). C'est la photoluminescence (PL) des hétérostructures GaAs/AlGaAs que nous employons présentement pour le monitoring photoniques de bactéries capturées par les anticorps, bien que les modèles des points quantiques de III-V (QD) pourraient également servir à cette demande en raison de la forte sensibilité du PL QD à la présence des molécules chargées électriquement (comme les bactéries) immobilisées dans le voisinage de la surface des QD. La recherche fondamentale sous-jacente de ce projet concerne: 1) une étude des mécanismes de formation de SAM sur GaAs, 2) une étude de biofonctionnalisation de GaAs (001) pour une augmentation de la capture de bactéries, 3) une élaboration d'un modèle de photo-corrosion de GaAs en présence d'une charge électrique immobilisée de molécules dans le voisinage de la surface de GaAs.



Fig. 2. Introduction of the additional step consisting of treatment of SAM coated GaAs samples in the ammonium sulfide solution. This hybrid approach allows increasing density of sulfur atoms reacting with Ga and As, which drastically increases photonic stability of such material in a biological environment.

Résultats remarquables et publications associées :

1. P. Arudra, G.M. Marshall, N. Liu and J.J. Dubowski, *Enhanced photonic stability of GaAs in aqueous electrolyte using alkanethiol self-assembled monolayers and post-processing with ammonium sulphide*, J. Phys. Chem. C116, 2891 (2012): Démonstration que le post-traitement d'alcanethiol SAM en sulfure d'ammonium augmente la couverture de la surface avec le soufre et, par conséquent, augmente la stabilité de GaAs dans un environnement biologique.

2. X. Huang, N. Liu, Kh. Moumanis and J.J. Dubowski, *Water-mediated self-assembly of 16-mercaptohexadecanoic acid on GaAs (001)*, J. Phys. Chem. C117, 15090–15097 (2013): Premier rapport sur le rôle de l'eau pour atteindre une qualité améliorée alkanthiol SAM.

3. J.J. Dubowski, E. Nazemi, S. Aithal, X. Huang, *Photo-electrochemical sensing method using photoluminescence-emitting semiconductors*, USPO 61/934,420, January 31, 2014: Une demande de brevet pour protéger l'idée d'un Biocapteur photo-électrochimique à base de semi-conducteur.

4. E. Nazemi, S. Aithal, W.M. Hassen, E.H. Frost, J.J. Dubowski, *GaAs/AlGaAs heterostructure photonic biosensor for rapid detection of Escherichia coli in phosphate buffered saline solution*, Sensors and Actuators B207, 556-562 (2015): Premier rapport sur le biocapteur photo-électrochimique utilisé pour la détection d'*E. coli* à 10^3 UFC/mL.

Autre faits saillants :

L'objectif du projet de collaboration avec Magnus Chemicals Ltd. doit démontrer une méthode de détection photonique de *Legionella pneumophila* dans les échantillons d'eau de la tour de refroidissement (CTW). Le projet nécessite le développement d'architectures de biodétection dédié, l'optimisation du protocole de collecte de données et la construction d'un poste de travail informatisé pour le monitoring quasi continue de l'environnement de CTW. Nous avons déjà testé certains prototypes des unités optiques et mécaniques nécessaires à cet effet et le travail a été avancé pour intégrer ces unités au sein d'une station de travail dédiée.

Nous ciblons la détection de légionelles à 1 UFC/mL. Cette tâche difficile a été traitée en combinant une méthode innovatrice de collecte et de concentration d'échantillons de CTW avec une méthode avancée de biofonctionnalisation de biopuces à base de GaAs/AlGaAs.

Financement :

- Subvention de la Chaire de recherches du Canada en semi-conducteurs quantiques, 2010-17
- Subvention Fondation Canadienne pour l'Innovation (FCI) - Fonds des leaders (Canada): *Infrastructure pour spectroscopie optique de matières organiques interfacés avec les métaux et des semi-conducteurs et pour procéder des cellules biologiques*, 2013 - 2014
 - Subvention CRSNG-RDC (Canada): *Plate-forme de bio-détection photonique à base de semi-conducteurs quantiques pour la détection rapide de Légionnelle dans l'eau*, 2013 - 2017
 - Subvention CRIBIQ-MITACS-FRQNT (Canada): *Développement d'un lecteur miniaturisé pour les mesures optiques de biocapteurs à base de semi-conducteurs quantiques*, 2012 -2015

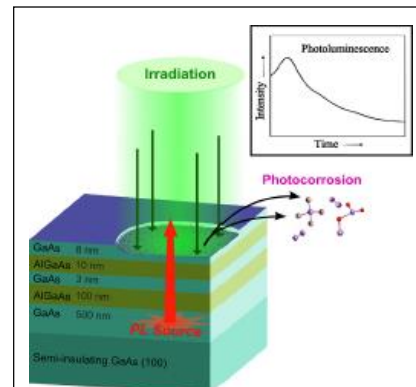


Fig. 4. Schematic of the GaAs/Al_{0.35}Ga_{0.65}As heterostructure employed for biosensing. The inset shows PL emission at 869 nm observed during photocorrosion of the GaAs cap.

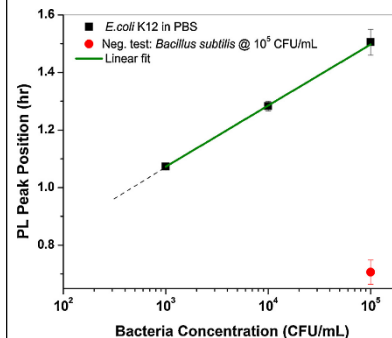


Fig. 4. Time-dependent position of PL maxima for biochips exposed to different concentrations of *E. coli* K12. The negative test was carried out for the exposure to *Bacillus subtilis*.