

Proposition de thèse de l'équipe "Surface et Interface" de l'Institut Pascal

Titre du sujet :

Fonctionnalisation de surfaces métalliques et semi-conductrices par adsorption d'atomes d'azote

Encadrants :

Luc BIDEUX, 50 %

Christine ROBERT-GOUMET, 25 %

Guillaume MONIER, 25 %

Mots clés : Semi-conducteurs III-V, Passivation de surface, Nanostructures, Traitement plasma, XPS.

Contexte :

La famille des semi-conducteurs III-V et III-N est utilisée dans un nombre croissant d'applications électroniques (électronique de puissance, transistor à effet de champ, etc...) et optoélectroniques (cellules photovoltaïques, émission de lumière, LED, etc...). Ces matériaux sont d'autant plus utilisés qu'ils apportent des propriétés physiques de transport de charges, d'organisation de bandes ou de structurations nanométriques de meilleurs qualités que les dispositifs à base de silicium.

Nous proposons dans ce sujet une étude de la création de structures de nitrures d'éléments III 2D et 1D. Cette étude se situe ainsi parfaitement dans le contexte de l'optimisation des performances des dispositifs basés sur les semi-conducteurs III-V. Deux points essentiels sont à retenir concernant les recherches actuelles dans ce domaine :

1. Les performances potentielles des dispositifs basés sur les semi-conducteurs III-V sont souvent limitées par l'existence d'états de surface. Une solution réaliste est de passiver les surfaces par l'adsorption d'atomes d'azote.
2. Les boîtes quantiques de nitrures d'éléments III ont de multiples applications dans les domaines de l'émission et la détection de lumière, les cellules solaires ainsi que dans le cadre de la conception de capteurs biologiques et chimiques [1,2].

Description du sujet de thèse :

Nous désirons étendre les recherches effectuées dans l'équipe "Surface et Interface" sur la passivation de surfaces GaAs [3] à d'autres semi-conducteurs III-V tels que InSb, GaSb, InAs et InGaAs. Nous disposons d'un ensemble ultra-vidé d'analyse et de conception permettant des études in-situ par spectroscopies XPS, Auger et LEED de la nitruration (cellule plasma ECR) et du dépôt de couches métalliques (plusieurs cellules d'évaporation) sur toutes ces surfaces. Il sera aussi possible de développer des analyses par imagerie d'électrons élastiques, méthode d'analyse actuellement développée par l'équipe. Ce bâti sera associé fin 2020 à un nouveau système d'analyse XPS haute résolution de toute dernière génération. Les structures

réalisées seront étudiées ex-situ par microscopie électronique et par spectroscopie optique, des mesures électriques permettront également d'évaluer leur qualité.

Ces études pourront être complétées par des séries d'expériences sur des grands instruments (Synchrotron SOLEIL ou ESRF) qui permettent une compréhension fine des phénomènes de croissance (études in operando).

Objectifs :

1. Comprendre les phénomènes d'adsorption de l'azote sur les semi-conducteurs III-V précités
2. Optimiser la conception de cristallites métalliques d'éléments III sur des surfaces III-V en vue de leur nitruration.

Il est à noter que cette thèse aura l'avantage de s'appuyer sur des structures de nanofils de GaAs (croissance déjà maîtrisée) et de InGaAs (en cours d'étude) dont la technique de passivation de surface a déjà donné des résultats inédits sur le transport de charge et de spin.

Ces études expérimentales seront également associées à des études théoriques (à l'échelle atomique) de l'adsorption d'azote sur les surfaces concernées par DFT (Density Functional Theory), ainsi que la dynamique *Ab Initio* (AIMD) développées à l'Institut Pascal. Pour un ouvrage général, sur la structure électronique théorique voir [4].

[1] L.H. Hsu, C.C. Lin, H.V. Han, D.W. Lin, Y.H. Lo, Y.C. Hwang, H.C. Kuo,
Opt. Mater. Express, 4 (2014), p. 2565

[2] Y.S. Lu, C.C. Huang, J.A. Yeh, C.F. Chen, S. Gwo,
Appl. Phys. Lett., 91 (2007), p. 202109

[3] G. Monier et al
Applied Surface Science 2019(465)787-794

[4] Electronic structure: Basic theory and practical methods, R. M. Martin, CUP (5e re-édition 2011).