



**HAL**  
open science

## **Mesures in-situ combinées en Épitaxie par jet moléculaire : Cas de l'AlGaAs à température de croissance**

Pierre Gadras, Karim Ben Saddik, Léo Bourdon, Quentin Gravelier, Alexandre Arnoult, Guilhem Almuneau

### ► **To cite this version:**

Pierre Gadras, Karim Ben Saddik, Léo Bourdon, Quentin Gravelier, Alexandre Arnoult, et al.. Mesures in-situ combinées en Épitaxie par jet moléculaire : Cas de l'AlGaAs à température de croissance. Journées Nationales de Micro- et Optoélectronique, Oct 2024, Sète (FR), France. <hal-04768600>

**HAL Id: hal-04768600**

**<https://laas.hal.science/hal-04768600v1>**

Submitted on 9 Jul 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC0 1.0 - Universal - International License

# MESURES IN-SITU COMBINÉES EN ÉPITAXIE PAR JET MOLECULAIRE : CAS DE $L'Al_xGa_{1-x}As$ A TEMPERATURE DE CROISSANCE

P. Gavras, K. Ben Saddik, L. Bourdon, Q. Gravelier, A. Arnoult, G. Almuneau

*LAAS-CNRS, Université de Toulouse, INSA, CNRS, Toulouse, France*

\* E-mail: [pierre.gavras@laas.fr](mailto:pierre.gavras@laas.fr), [almuneau@laas.fr](mailto:almuneau@laas.fr)

## RESUME

La mesure *in-situ* et en temps réel des vitesses de croissance et des propriétés optique, électronique et structurale des matériaux semi-conducteurs est un élément clé pour contrôler plus précisément l'épitaxie de structures multicouches complexes, tels que les lasers à cavité verticales (VCSEL) ou les cellules solaires à multi-jonction (MJSC). Cependant, aucun outil générique et efficace n'a été mis en œuvre à ce jour pour contrôler ces épitaxies d'hétérostructures en temps réel [1–3].

## 1. INTRODUCTION

Dans ce travail en cours, nous développons une méthodologie pour extraire les vitesses de croissance et les constantes optiques à haute température (500-600°C) à partir des mesures de réflectance spectrale *in-situ* dans le cas d'une couche mince réalisée par épitaxie par jets moléculaires (EJM). La réflectance est mesurée sur une large bande spectrale (390 - 1700 nm), permettant la mesure d'une grande variété de matériaux avec différentes propriétés optiques, tels que les alliages épitaxiés sur GaAs comme l'AlGaAs ou l'InGaAsN.

## 2. DESCRIPTION DE L'ÉTUDE

En comparant un modèle optique analytique à la mesure de réflectance au cours du temps, nous pouvons déduire la vitesse de croissance de la couche en temps réel. Afin d'améliorer la précision et la reproductibilité, il est nécessaire de mesurer simultanément la température et la composition, respectivement via la mesure de l'énergie de bande interdite [4] et l'évolution de la courbure du substrat [5]. Par ailleurs, pour pouvoir déterminer la vitesse de croissance, il est impératif d'avoir un modèle d'indice de réfraction optique précis aux températures de croissance.

## 3. RESULTATS

Afin de confirmer l'exactitude de la méthode, les indices de réfraction complexes pour différentes compositions d' $Al_xGa_{1-x}As$  seront déduits à partir des mesures de réflectance *in-situ*, illustré figure 1, en les combinant aux mesures *ex-situ* de diffraction des rayons X. Les épaisseurs pourront être confirmés par l'analyse au microscope électronique à balayage.

Par la suite, nous nous baserons sur cette base de données des indices optiques pour différentes compositions de  $Al_xGa_{1-x}As$  pour contrôler en temps réel la croissance d'hétérostructures complexes comme celles des VCSELS.

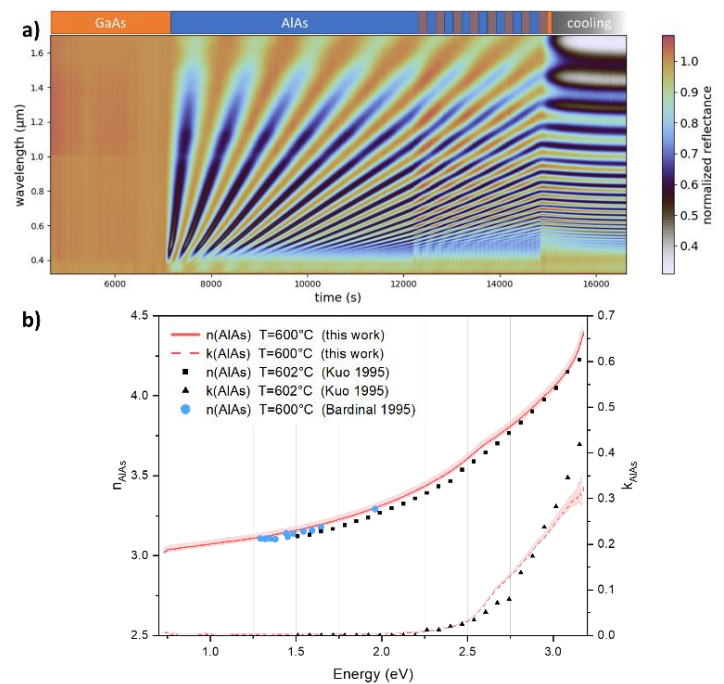


Figure 1 : a) Mesure de réflectance spectrale *in-situ* durant la croissance,

b) Dispersion spectrale de  $n$  et  $k$  de l'AlAs à 600°C déduite de la figure 1a) et comparaison avec les données de la littérature [3][6].

## REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié du soutien technique de la plateforme technologique du LAAS-CNRS, centrale du réseau RENATECH. Ce projet est réalisé et financé dans le cadre du laboratoire commun EPICENTRE entre RIBER et le LAAS-CNRS.

## 4. REFERENCES

- [1] J.H. Neave, B.A. Joyce, P.J. Dobson, N. Norton, Appl. Phys. A, 31 (1), 1–8, 1983 [doi.org/10.1007/BF00617180](https://doi.org/10.1007/BF00617180)
- [2] W.G. Breiland, K.P. Killeen, J. Appl. Phys, 78 (11), 6726–6736, 1995 [doi.org/10.1063/1.360496](https://doi.org/10.1063/1.360496)
- [3] V. Bardinal, Thèse de Doctorat, INSA de Toulouse, 1995. [theses.hal.science/tel-00147274](https://theses.hal.science/tel-00147274)

- [4] S. Johnson, C.-H. Kuo, M. Boonzaayer, W. Braun, U. Koelle, Y.-H. Zhang, J. Roth, *J. Vac. Sci. Technol. B* 16 (3), 1502–1506, 1998 [doi.org/10.1116/1.589975](https://doi.org/10.1116/1.589975)
- [5] A. Arnoult et J. Colin, *Sci Rep*, 11 (1), 2021, doi: 10.1038/s41598-021-88722-6.
- [6] C. H. Kuo, S. Anand, H. Fathollahnejad, R. Ramamurti, R. Droopad, et G. N. Maracas, *J. Vac. Sci. Technol. B*, 13, (2), p. 681-684, 1995, doi: [10.1116/1.587941](https://doi.org/10.1116/1.587941).