

# CROISSANCE D'HETEROSTRUCTURES VAN DER WAALS PAR ABLATION LASER PULSE

F. Godel<sup>1</sup>, C. Carretero<sup>1</sup>, V. Zatko<sup>1</sup>, S. M.-M. Dubois<sup>2</sup>, J. Peiro<sup>1</sup>, M. Galbiati<sup>1</sup>, A. Sander<sup>1</sup>, S. Collin<sup>1</sup>, F. Panciera<sup>3</sup>, G. Patriarche<sup>3</sup>, P. Brus<sup>4</sup>, B. Servet<sup>4</sup>, J.-C. Charlier<sup>2</sup>, M.-B. Martin<sup>1</sup>, B. Dlubak<sup>1</sup> et P. Seneor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unité Mixte de Physique, CNRS, Thales, Université Paris-Saclay, 91767 Palaiseau, France

<sup>2</sup>Instistut de la matière condensée et des nanosciences (IMCN), UCL, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

<sup>3</sup>Université Paris-Saclay, CNRS, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, 91120 Palaiseau, France

<sup>4</sup>Thales Research and Technology, 91767 Palaiseau, France

Les matériaux bidimensionnels (2D) sont aujourd'hui au cœur de plusieurs développements en électronique, optoélectronique et spintronique. Assemblés en hétérostructures, la combinaison de leurs propriétés conduit à de nouvelles architectures d'épaisseur ultime comme des puits quantiques ou de super-réseaux verticaux. Jusqu'à présent, les matériaux 2D ont été principalement élaborés par voie chimique en phase vapeur (Chemical Vapor Deposition), qui a rendu possible leur démocratisation et l'obtention de films 2D sur de grandes échelles (m<sup>2</sup>). Cependant, la forte dépendance de cette méthode au substrat de croissance limite les options d'intégration et rend très complexe la croissance d'hétérostructures 2D. Ainsi, de nombreux groupes cherchent aujourd'hui à développer de nouvelles solutions (MBE...). Nous présentons ici une approche flexible et innovante utilisant l'ablation laser pulsée (Pulsed Laser Deposition - PLD) pour faire croître des hétérostructures de TMDs (dichalcogénures de métaux de transition) sur différents substrats [1] et les intégrer *in-situ* dans des dispositifs hybrides compatibles CMOS [2]. Nous avons ainsi d'abord démontré la possibilité de faire croître des films 2D de disulfure de tungstène (WS<sub>2</sub>) et de diséléniure de tungstène (WSe<sub>2</sub>). Nous avons ensuite réussi la croissance d'une hétérostructure (WSe<sub>2</sub>/WS<sub>2</sub>) à grande échelle (cm<sup>2</sup>) combinant ces deux matériaux 2D (Figure 1.a et 1.b). La qualité cristalline de ces couches a été caractérisée par XPS (spectroscopie photoélectronique à rayons X), spectroscopie Raman, TEM (microscopie électronique à transmission) et EDX (spectroscopie X à dispersion d'énergie). Enfin, forts de ses résultats nous avons démontré l'intégration de ces matériaux dans des dispositifs actifs dont les caractérisations électriques (Figure 1.c) montrent qu'il est possible grâce à l'ingénierie des bandes interdites de ces semi-conducteurs 2D d'obtenir la signature d'une résonance de puit quantique. Ces résultats montrent que la PLD offre une alternative très polyvalente et originale pour la croissance de matériaux 2D, leur intégration *in-situ* dans des hétérostructures par simple changement de cible et ouvre la voie à l'exploration de nouveaux dispositifs complexes de van der Waals pour l'électronique et la spintronique.

## References

[1] F. Godel *et al.*, "WS<sub>2</sub> 2D Semiconductor Down to Monolayers by Pulsed-Laser Deposition for Large-Scale Integration in Electronics and Spintronics Circuits", ACS Applied Nano Materials, 3(8), 7908–7916, (2020)

[2] V. Zatko *et al.*, "Band-Gap Landscape Engineering in Large-Scale 2D Semiconductor van der Waals Heterostructures", ACS Nano, 15(4), 7279–7289, (2021).

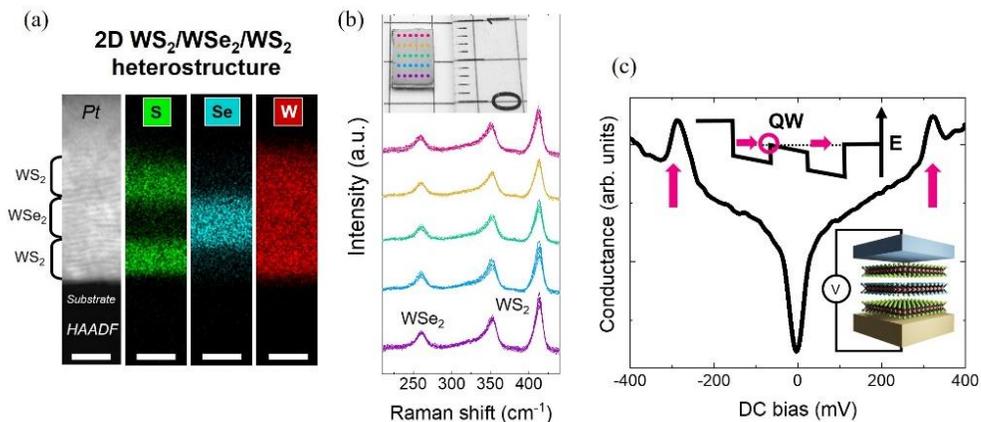


Figure 1 : (a) coupe TEM de l'hétérostructure WS<sub>2</sub>/WSe<sub>2</sub>/WS<sub>2</sub> et images EDX associées pour S, Se et W. (b) spectres Raman associés par couleur et superposés l'un sur l'autre pour points de chaque sur l'échantillon centimétrique (inset). (c) Conductance en fonction de la tension à travers cette hétérostructure. Schémas en inset.