

- **Axe de GANEX : 1**
- Titre du sujet : Pseudo-substrats Semi-Polaires GaN
- *Nature de la thèse : partagée LETI-CRHEA*
- *co-financement 50% LETI fonds propres*
- Date souhaitée de démarrage : 9 ou 10/2015
- Lien avec un projet ANR ou H2020: non pour le moment
- Lien avec industriels : LUMILOG– NOVASIC

En l'absence de substrats de la famille des nitrures orientés dans des directions autres que le plan c et qui soient de coût et de dimension raisonnables, la croissance des structures non-polaires ou semi-polaires est majoritairement réalisée sur des substrats saphir ou Si. Dans ce cas, et de façon à limiter la présence des défauts liés à l'hétéro-épitaxie sur ces substrats, une méthode consiste à réaliser l'épitaxie de façon localisée sur des facettes <111> du Si ou c du Saphir, inclinées par rapport à la surface. De cette façon on peut nucléer sur ces facettes des cristallites de GaN orientées dans une direction c qui finiront par coalescer en une couche continue, avec l'orientation semi-polaire voulue et une densité de défauts structuraux réduite. Ces couches peuvent alors servir de « templates » (ou « pseudo-substrat ») pour la re-croissance de structures épitaxiées pour des applications en optique, LEDs ou lasers, du visible à l'UV, voire en électronique de puissance (normally OFF HEMT).

Au CRHEA, la pertinence de ces approches hétéro-épitaxiales localisées pour le semi-polaire a été démontrée sur substrats Si et saphir structurés, dans le cadre de deux thèses. Le CEA/LETI collabore avec le CRHEA sur ce sujet et apporte son expertise sur les procédés de structuration des substrats Si et saphir. Nos premiers résultats, originaux quant aux procédés et/ou aux orientations retenus, établissent l'état de l'art mondial : des densités de dislocations de  $10^8 \text{ cm}^{-2}$  et de fautes d'empilement de  $70 \text{ cm}^{-1}$  ont été obtenues sur substrats saphir de 2 pouces.

La qualité et l'originalité des résultats obtenus à ce jour nous amènent à envisager le développement d'une filière de réalisation de pseudo-substrats semi-polaires répondant aux besoins de la communauté scientifique des nitrures et, plus largement, à ceux des industriels envisageant le développement d'applications à base d'orientations semipolaires. Pour ce faire il nous faut fiabiliser les procédés de croissance de ces templates, montrer qu'ils sont extensibles en dimensions pour les rendre compatibles avec des filières industrielles de l'optoélectronique et/ou de l'électronique et valider les approches retenues via la réalisation de dispositifs fonctionnels.

Venant en appui de ces objectifs, la thèse proposée s'articulera autour de trois axes de travail.

- 1- Optimisation des épitaxies MOVPE de templates sur les substrats Si et saphir structurés selon les procédés de croissance et de structuration existants, appuyée par les caractérisations structurale et optique. Optimisation des surfaces des templates pour reprise de croissance « epi-ready » en liaison avec notre partenaire Novasic. Cette phase devra déboucher sur des choix de substrats (Si ou saphir) et motifs les mieux adaptés aux objectifs de qualité et de reproductibilité des templates.
- 2- Extension en diamètre : épitaxie sur équipement MOVPE du CRHEA jusqu'à 6 pouces (extensible à 8"), dimensions compatibles avec les équipements du LETI pour la structuration de substrats, Caractérisation de l'homogénéité spatiale des propriétés structurales et optiques.
- 3- Validation des approches retenues au travers de la réalisation et de la caractérisation électro-optique d'hétérostructures à Multi Puits Quantiques  $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N} / \text{GaN}$  pour le visible à grande longueur d'onde sur les templates sélectionnés lors de la première phase. Réalisation de diodes électroluminescentes en structure conventionnelle (« CC ») et « benchmarking » dans le domaine de longueur d'onde considéré.

Le CRHEA sera en charge du développement des procédés d'épitaxie des templates et des hétérostructures. Le CEA/LETI aura la responsabilité du développement et de la mise en œuvre des procédés de structuration de substrats Si et Saphir. Ce travail de thèse aura l'appui de la société NOVASIC pour les aspects polissage « epi-ready » des templates semi-polaires. De plus la société LUMILOG suivra le développement de cette nouvelle filière et apportera sa vision de la faisabilité industrielle et du marché.