

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ОПТИМИЗАЦИИ  
МЕТОДОВ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НАНОСТРУКТУР III-N  
МАТЕРИАЛОВ***А.А. ЖИЛЕНКОВ*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО)

E-mail: zhilenkovanton@gmail.com

Нитриды ряда элементов третьей группы, представляющие такие III-N материалы как AlN, InN и GaN, претендуют сегодня на такую же фундаментальную роль, какую в своё время сыграл кремний [1]. Только с 2000 года технология выращивания кристаллов III-N группы вышла на уровень широкого признания как фундаментальной наукой, так и промышленностью, что привело к созданию многомиллиардного долларового рынка [2]. И это несмотря на достаточно низкий уровень развития технологии производства приборов на основе III-N материалов. Прогресс, произошедший в последнее десятилетие, требует сегодня решения основной проблемы, сдерживающей дальнейшее развитие данной технологии, – обеспечения выращивания III-N структур необходимого качества [3]. Для этого необходимо решить задачи анализа и оптимизации процессов в установках эпитаксиального роста, и, как следствие, оптимизации их конструкций.

Сегодня металлорганическая газофазная эпитаксия (МОГФЭ) нитридов элементов III-группы является основным методом получения приборных структур на этих материалах. В МОГФЭ удачно сочетаются преимущества как хлоридной, так и молекулярно-лучевой эпитаксии. В случае МОГФЭ нитридов III группы, относительно небольшое изменение условий в реакторе (температура, парциальные давления аммиака, водорода и азота) позволяет существенно управлять степенью равновесности процесса и оптимизировать его для каждого из слоев многослойной структуры. В свою очередь, это позволяет влиять на формирование точечных и протяженных дефектов, степень самокомпенсации, достижимые уровни легирования и т.д. [1-2]. С другой стороны, отклонение условий роста от заданных ввиду конструктивных особенностей реакторов, наоборот, приводит к возникновению дополнительных дислокаций и неравномерности свойств выращиваемых структур.

Автором был исследован ряд промышленных реакторов газофазной эпитаксии индукционного нагрева с вращающимся подложкодержателем. Анализ полученных результатов экспериментальных исследований позволил выявить ряд недостатков промышленных установок, отражающихся, в конечном счёте, на качестве выращиваемых структур. К основной проблеме относится значительная неравномерность распределения теплового поля на поверхности подложкодержателя и, как следствие, подложки (рис. 1).

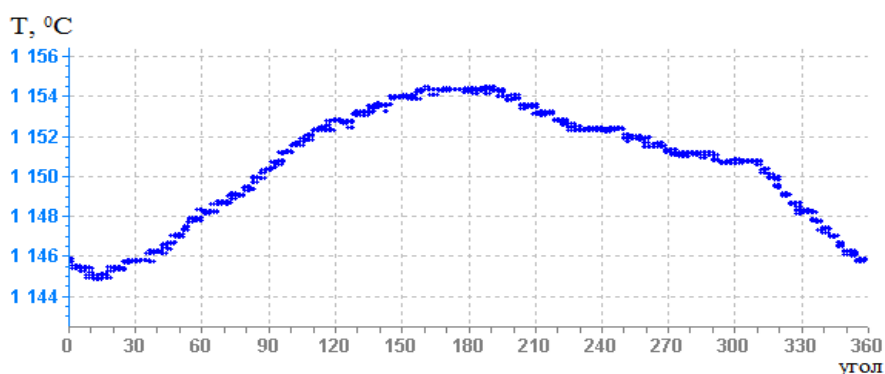


Рисунок 1 - Неравномерность распределения температуры по радиусу подложки  
(в исследованном случае не должна превышать 1 °C)

Неравномерность распределения температур вызывает появление высокого процента дислокаций и неоднородности оптических свойств выращиваемых на одной подложке структур [4].

В докладе представлены результаты анализа проблемы оптимизации процессов выращивания III-N материалов в реакторах газофазной эпитаксии индукционного нагрева с вращающейся подложкой.

Проанализированы причины возникновения указанных неоднородностей. Установлено, что связаны они в первую очередь с неоптимальной конфигурацией потока несущего газа и индуктора. Даны выводы по возможным путям преодоления указанных проблем.

Результаты исследования предлагается использовать в организации процесса повышения эффективности указанных реакторов, что позволит повысить качество выращиваемых структур и сократить время их роста.

#### **Список литературы**

1. B. Beaumont, P. Gibart, J. P. Faurie, Nitrogen precursors in metalorganic vapor phase epitaxy of (Al,Ga)N., Journal of Crystal Growth, 156 (1995) 140-146.
2. H. Sato, H. Takahashi, A. Watanabe, H. Ota, Preparation of GaN films on sapphire by metalorganic chemical vapor deposition using dimethylhydrazine as nitrogen source, Appl. Phys. Lett, 68 (1996) 3617-3619.
3. D. G. Chtchekine, L. P. Fu, G. D. Gilliland, Y. Chen, S. E. Ralph, K. K. Bajaj, Y. Bu, M. C. Lin, F. T. Bacalzo, S. R. Stock, Properties of low-pressure chemical vapor epitaxial GaN films grown using hydrazoic acid (HN<sub>3</sub>), J. Appl. Phys, 81 (1997) 2197-2207.
4. D.A. Neumayer, A.H. Cowley, A.Decken, R.A. Jones, V. Lakhotia, J.G. Ekerdt, New Single-Source Precursor Approach to Gallium Nitride, J. Am. Chem. Soc, 117 (1995) 5893-5894.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SLS ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЛАВА TI-NB-ZR**

*В.Ю. ЗДАТЧЕНКО<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики высоких технологий

E-mail: valeria.dances@bk.ru

На данный момент за рубежом проводятся исследования по разработке методики селективного лазерного сплавления титан-ниобиевого, а также добавление циркония порошков и нахождение оптимальных режимов сплавления, позволяющих обеспечить высокую плотность образцов и отсутствие крупных макродефектов.

Данные порошки используются при изготовлении зубных имплантат, причем форма имплантат индивидуальна для каждого пациента. Выявление оптимальных режимов сплавления позволит в дальнейшем использовать их для получения имплантат нужной для каждого конкретного пациента формы из смеси порошков титана, ниобия и циркония при этом снизить их стоимость.

Селективное лазерное спекание (SelectiveLaserSintering – SLS) – метод аддитивного производства, используемый для создания партий готовых деталей или функциональных прототипов. Процесс производства представляет собой запрограммированный цикл действий аддитивной машины. Насадка снимает слой порошка с питателя и равномерно распределяет его по поверхности подложки и возвращается обратно. После чего лазерный луч проходит по поверхности слоя порошка и формирует нужный контур. По окончанию сканирования порошкового слоя платформа с изготавливаемым изделием опускается, и процесс повторяется, рисунок 1.