

Раздел V. Оборудование и приборы для нанотехнологий

УДК 621.38

А.Н. Алексеев, И.А. Соколов, О.А. Агеев, Б.Г. Коноплёв

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОСНАЩЕНИЮ ЦЕНТРА ПРИКЛАДНЫХ РАЗРАБОТОК. ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ В НОЦ «НАНОТЕХНОЛОГИИ» ЮФУ

Обеспечение выполнения российскими научно-образовательными и исследовательскими центрами широкого класса задач в области создания перспективных полупроводниковых приборов, за счет комплектования современными нанолaborаториями, комплексно оснащёнными технологиями и оборудованием, является чрезвычайно актуальной задачей.

Разработка современных приборов на основе перспективных наногетероструктур, с последующей постановкой их серийного производства на отечественных промышленных предприятиях, в значительной степени сдерживается отсутствием адекватного современного технологического оборудования и технологической поддержки.

На сегодняшний день, при поддержке Минобрнауки России SemiTEq создает ключевой продукт "Нанолaborатория", который представляет собой комплексное решение для R&D центров.

Нанолaborатория; наногетероструктура; полупроводниковые приборы; МПЭ; pHEMT-транзистор.

A.N. Alexeev, I.A. Sokolov, O.A. Ageev, B.G. Konoplev

COMPREHENSIVE APPROACH TO TECHNOLOGICAL EQUIPPING FOR R&D CENTER. THE EXPERIENCE IN IMPLEMENTING OF SEC «NANOTECHNOLOGY» SFU

The most urgent problem today for the Russian R&D centers is to provide advanced "Nanolabs", complete with the latest technology and equipment, providing solutions for a wide class of problems in the field of semiconductor devices.

Development of modern devices based on advanced nanoheterostructures, with following statement of their production to the domestic industrial enterprises, greatly hampered by the lack of adequate modern technological equipment and technological support. Nowadays, with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation SemiTEq creates a key product "Nanolab" which is a complete solution for R & D centers.

Nanolab; nanoheterostructure; semiconductor devices; MBE; pHEMT-transistor.

Разработка современных приборов на основе перспективных наногетероструктур, с последующей постановкой их серийного производства на отечественных промышленных предприятиях, в значительной степени сдерживается отсутствием адекватного современного технологического оборудования и технологической поддержки. В настоящее время требуется переоснащение технологических лабораторий в значительной части исследовательских центров и подавляющем числе вузов. При этом в основе формирования технических требований на комплексное оснащение таких центров должны лежать следующие принципы:

- ♦ создание замкнутого технологического комплекса, способного решать определённые приборные задачи в выбранных областях;

- ♦ обеспечение необходимой инфраструктуры, оптимизированной по эксплуатационным затратам;
- ♦ трансфер базовых технологических процессов на каждой единице оборудования и программа технологического тренинга персонала для эффективного запуска линейки оборудования.

Примером реализации такого проекта может выступать комплексное оснащение НОЦ «Нанотехнологии» ЮФУ технологическим оборудованием, сконфигурированным под выполнение прикладных разработок по созданию приборов СВЧ-микродэлектроники и МЭМС.

Внедрение в производство приборов, основанных на современных наногетероструктурах, является на сегодня одним из мест отставания отечественной промышленности от зарубежных конкурентов. В основе технологической линии по созданию таких приборов лежит эпитаксиальные методы создания наногетероструктур, наиболее гибким из которых является молекулярно-пучковая эпитаксия (МПЭ).

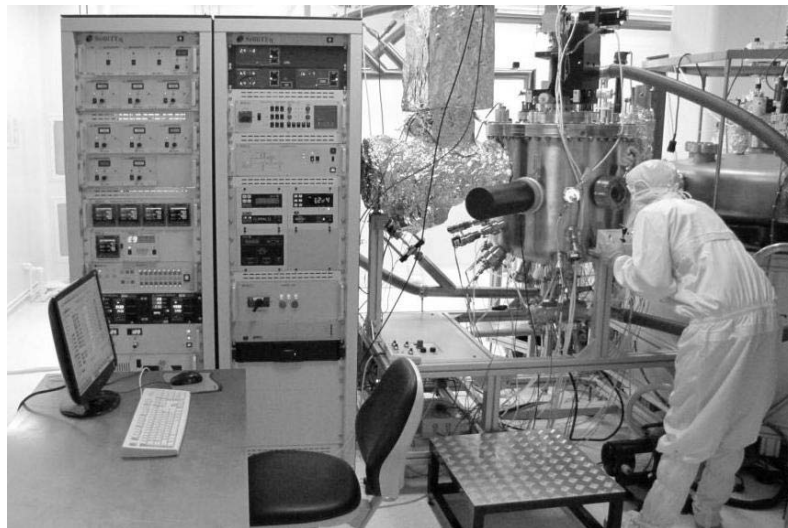


Рис. 1. Модуль МПЭ STE35 для выращивания соединений InAlGaAs в составе комплекса НОЦ «Нанотехнологии» ЮФУ

Установка МПЭ SemiTEq производства ЗАО «НТО» STE35 в составе многокамерного комплекса НАНОФАБ-100 (ЗАО «НТ-МДТ») в настоящее время введена в технологическую эксплуатацию. В результате проведённой программы обучения технологов НОЦ ими самостоятельно выращены гетероструктуры для рНЕМТ-транзисторов на основе InGaAs/GaAs, продемонстрировавшие электрофизические параметры, соответствующие современному литературному уровню ($n=1.9 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$, $\mu=7200\text{-}7400 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$).

Комплект оборудования для планарного процессинга был сформирован с учётом требований к гибкости и перестраиваемости технологических режимов, что характерно для деятельности исследовательского центра. Полнота линии обеспечивает изготовление прибора от подложки до чипа, с организацией соответствующего операционного контроля соответствующим измерительным оборудованием.

В ходе разработки состава комплекса там, где это возможно, предпочтение отдавалось отечественному оборудованию. Безусловно, при этом его характеристики должны быть не ниже, чем у современных зарубежных аналогов. Современное исполнение, полностью безмасляные средства откачки и возможность автоматизированного проведения техпроцесса также являлись необходимым условием.

Как результат, запущена технологическая линия, обеспечивающая выполнение широкого класса задач по разработке и пилотному выпуску приборов СВЧ-микроэлектроники и микросистемной техники.

Созданный комплекс одновременно является современной базой для постановки образовательного процесса в НОЦ. Реальное знакомство студентов и аспирантов с оборудованием, передовыми технологиями и участие в создании современных полупроводниковых приборов обеспечивают хорошую основу для качественной подготовки молодых кадров для российской электронной промышленности.



Рис. 2. Гермозона НОЦ «Нанотехнологии» ЮФУ с комплексом планарного технологического оборудования, сконфигурированного под задачи СВЧ-микроэлектроники и МЭМС

На сегодняшний день при поддержке Минобрнауки России SemiTEq создает ключевой продукт "Нанолaborатория", который, по сути, представляет собой комплексное решение для R&D центров. Данное решение включает, помимо поставки оборудования, комплектацию его базовыми технологическими процессами, разработку связанных технологических маршрутов изготовления полупроводниковых приборов, а также многоступенчатый тренинг персонала Заказчика. Успешный опыт реализации проекта по комплексному оснащению НОЦ «Нанотехнологии» ЮФУ технологической линией оборудования наглядно демонстрирует возможность эффективного взаимодействия вузовского центра и отечественных производителей в ситуации, когда реализация проекта была основана на правильных принципах. Сформированный в ходе выполнения проекта задел, безусловно, будет востребован и поможет эффективно реализовать подобные проекты в других российских научно-образовательных центрах России.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Е.А. Рындин.

Алексеев Алексей Николаевич

Закрытое акционерное общество «Научное и технологическое оборудование».

E-mail: alex@semiteq.ru.

г. Санкт-Петербург, пр. Энгельса, 27.

Тел.: +88127021308; факс: +78126330597.

Генеральный директор; к.ф.-м.н.

Соколов Игорь Альбертович

E-mail: sokolov@semiteq.ru.

Заместитель генерального директора; к.ф.-м.н.

Агеев Олег Алексеевич

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: ageev@fep.tti.sfedu.ru.

347928, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2.

Тел.: 88634371611.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; заведующий кафедрой; д.т.н.; профессор.

Коноплев Борис Георгиевич

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: kbg@tti.sfedu.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371767.

Факультет электроники и приборостроения; декан; д.т.н.; профессор.

Alexeev Alexey Nikolaevich

«Semiconductor Technologies and Equipment» JSC.

E-mail: alex@semiteq.ru.

27, Engels Avenue, Saint Peterburg, Russia.

Phone: +78127021308; fax: +78126330597.

Chief Executive Officer; Cand. of Phys.-Math. Sc.

Sokolov Igor Al'bertovich

E-mail: sokolov@semiteq.ru.

Assistant director; Cand. of Phys.-Math. Sc.

Ageev Oleg Alexeevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: ageev@fep.tti.sfedu.ru.

2, Shevchenko Street, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371611.

The Department of Micro- and Nanoelectronics; Head the Department; Dr. of Eng. Sc., Professor.

Konoplev Boris Georgievich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: kbg@fep.tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371767.

College of Electronics and Electronic Equipment Engineering; Dean; Dr. of Eng. Sc.; Professor.

УДК 621.3.049.

В.А. Быков

**КЛАСТЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ**

Группой компаний НТ-МДТ на протяжении многих лет разрабатывалась концепция создания многофункциональных кластерных научно-технологических комплексов, интегрирующих широкий спектр самого современного научного и технологического оборудования