

Приложение к приказу № 37а д.г. от 07.12.2010 г.



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИРЭ им. В.А.  
Котельникова РАН

Ю.В. Гуляев

07 декабря 2010 г.

## ПРОГРАММА

развития экспериментального комплекса «Криоинтеграл» – «Технологический и измерительный комплекс для создания сверхпроводниковых наносистем на основе новых материалов» на 2011 – 2013 годы.

### Вводные замечания

Решение фундаментальной проблемы создания на новых физических принципах принципиально новых устройств электронной техники, предназначенных для генерации, приема и спектрального анализа сверхслабых быстроизменяющихся электромагнитных колебаний в терагерцовом диапазоне волн требует интегративного подхода эксплуатации уникального технологического и измерительного оборудования Института, входящего в состав экспериментального комплекса «Криоинтеграл». В частности, для разработки спектрометра с предельной (квантовой) чувствительностью и уникальным набором параметров, которые не могут быть достигнуты на основе традиционных подходов и технологий, требуются туннельные тонкопленочные переходы субмикронных размеров с чрезвычайно высокой плотностью тока (толщина туннельного барьера 1,0 – 1,5 нм) требуется развитие технологии изготовления туннельных наноструктур с заданными параметрами и проведение цикла экспериментальных исследований по усовершенствованию уже созданной базовой уникальной технологии изготовления туннельных структур субмикронных размеров с привлечением методов электронно-лучевой литографии, плазмохимического травления и химико-механической полировки.

### Цели и задачи исследований с использованием материально-технической базы комплекса «Криоинтеграл»

С целью поддержки и закрепления лидирующего положения Института в части разработки терагерцовых наносенсоров и спектрометра с квантовой чувствительностью, проведения НИР по приоритетным направлениям «индустрия наносистем и материалы», «информационно-телекоммуникационные системы», «живые системы», «рациональное природопользование» и подготовки научных кадров высшей квалификации утвердить следующие цели и задачи исследований с использованием материально-технической базы комплекса «Криоинтеграл»:

1. Разработка и оптимизация методов изготовления туннельных наноструктур с толщиной туннельного барьера порядка 1 нм (плотность туннельного тока до  $70 \text{ кА/см}^2$ )
2. Разработка и оптимизация процесса изготовления сверхпроводниковых структур на основе пленок нитрида ниобия с туннельным барьером из AlN для работы на частотах до 1ТГц – внебюджетное финансирование.
3. Исследование сверхпроводникового генератора гетеродина (СГГ) с использованием сверхпроводящих электродов из NbN, измерение частотного диапазона и ширины линии

- излучения СГГ с электродами из нитрида ниобия – внебюджетное финансирование.
4. Разработка и численное моделирование микросхемы интегрального приемника для спектрального анализа газовой смеси. Ожидаемые параметры: диапазон входных частот 450 - 650 ГГц, шумовая температура менее 170 К, диапазон выходных частот для анализа 0.1 - 1.5 ГГц, частотное разрешение лучше 1 МГц.;– внебюджетное финансирование – внебюджетное финансирование.
  5. Математическое моделирование согласующих структур интегрального спектрометра на субтерагерцовых частотах. Разработка топологии микросхем для оптимизации свойств приемника по промежуточной частоте и улучшения ширины линии его гетеродина.
  6. Изготовление и испытание, экспериментальных образцов генератора гетеродина на основе новых сверхпроводниковых наноструктур с большей энергетической щелью (например, NbN)
  7. Разработка методов электронно-лучевой литографии для воспроизводимого изготовления микросхем на основе туннельных переходов субмикронных размеров (площадь до 0.1 мкм<sup>2</sup>).
  8. Оптимизация конструкции и топологии СГГ для снижения ширины автономной линии генерации в диапазоне 0.3 -0.7 ТГц и получения максимального спектрального качества в режиме фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).
  9. Измерение зависимости шумовой температуры интегрального спектрометра от частоты и параметров наноструктур.
  10. Экспериментальное исследование зависимости разрешения спектрометра от автономной ширины линии сверхпроводникового генератора гетеродина и его спектрального качества.
  11. Разработка программы внедрения методик и результатов исследований в образовательный процесс подготовки бакалавров, магистров и аспирантов.

#### **Дооснащение материально-технической базы и метрологическое обеспечение.**

1. Функционирование и поддержка рабочего состояния "чистых комнат" класса 1000/10000 с рабочими зонами класса 100, сверхвысоковакуумной напылительной установки "Лейбольд АГ" L560-UV, A700, Z400, установки совмещения и экспонирования MA150 и MJB3HP "Karl Zuss" с разрешением до 0.7 мкм, установки реактивного ионного травления "March-Jupiter II", входящих в состав технологического комплекса для изготовления сверхпроводниковых туннельных наноструктур, обеспечение расходными материалами будет осуществляться в рабочем порядке.

2. Продолжить работу по вопросам методического и метрологического обеспечения новой системы электронно-лучевой литографии, предназначенной для изготовления структур субмикронных размеров.

3. Продолжить работу по интеграции в автоматизированную систему прецизионных измерений при температуре жидкого гелия генераторов терагерцового диапазона на ЛОВ, Фурье-спектрометра, высокоточных синтезаторов СВЧ и спектроанализаторов, систем измерения вольт-амперных характеристик наноструктур и их отклика на микроволновое излучение, в том числе в условиях воздействия магнитных полей различной интенсивности и пространственной ориентации.

4. Функционирование и поддержка рабочего состояния технологического комплекса, включающий вакуумную установку Z-400 Leybold (ФРГ), специализированную по задачи эпитаксиального роста металлоксидных сверхпроводников (YBCO) и диэлектриков (CeO<sub>2</sub> и ZrO<sub>2</sub>), оснащенную нагревателем оригинальной конструкции, позволяющим получать температуры до 870 С при давлении кислорода 4 мбар, установки ионно-лучевого травления с ускоряющим напряжением для ионов аргона 300-500 В и обеспечение их расходными материалами будет осуществляться в рабочем порядке.

5. Продолжить работу по вопросам совершенствования методик измерений и метрологическому обеспечению исследовательского комплекса, состоящего из экранированного бокса, блока фильтров по постоянному току для подавления внешних наводок, автоматизированной системы прецизионных измерений электрофизических параметров сверхпроводниковых наносистем и микроструктур, температурных и магнитопольевых зависимостей, СВЧ стенов для проведения исследований высокочастотных динамических характеристик сверхпроводниковых структур в частотных диапазонах 6 мм, 3 мм и в субмм (частоты 350 – 500 ГГц) длин волн, оснащенные охлаждаемым балансным НЕМТ усилителем диапазона 1-2 ГГц с шумовой температурой 8 К при температуре жидкого гелия  $T=4.2$  К, измерительным стендом на базе PAR 124А и PAR 5301 фирмы EG&G (ФРГ) для измерения сигналов и шумов в диапазоне частот 0.2 Гц- 200 кГц.

**Вопросы координации работ с использованием материально-технической базы комплекса «Криоинтеграл» в рамках научно-технического сотрудничества.**

Принимая во внимание положительный опыт научно-технического сотрудничества с отечественными и зарубежными исследовательскими группами, вопросы загрузки технологических установок и измерительных стенов комплекса «Криоинтеграл» в интересах неаффилированных с Институтом лиц будут решаться в рабочем порядке, а при необходимости обсуждаться на объединенном семинаре лабораторий 233 и 234. Соответствующие записи должны быть внесены в электронный журнал загрузки комплекса «Криоинтеграл» в локальной сети.

Руководитель комплекса «Криоинтеграл»

д.ф.-м.н. профессор



В.П. Кошелец