


УТВЕРЖДАЮ

Директор Частного учреждения  
«ИТЭР-Центр»

 А.В. Красильников  
«08» июля 2020 г.



Техническое задание на поставку спектрометрического оборудования

Москва  
2020

## СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ

РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ.

РАЗДЕЛ 3. ОПИСАНИЕ РАБОТ.

РАЗДЕЛ 4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

РАЗДЕЛ 5. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

РАЗДЕЛ 6. ТРЕБОВАНИЕ К СРОКУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

РАЗДЕЛ 7. ПОРЯДОК ПРИЕМКИ

## РАЗДЕЛ 1. НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ

Поставка спектрометрического оборудования: конфокальный рамановский дисперсионный спектрометр, в количестве 1 шт и спектрофотометр УФ/Вид-диапазона исследовательского класса, в количестве 1 шт для диагностической системы контроля качества подложек, гомоэпитаксиальных структур и технологических процессов при синтезе алмазных пленок.

## РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

2.1 Поставляемое оборудование предназначено для обнаружения алмазной и неалмазной фаз в кристалле, определения размеров алмазных кристаллитов, анализ примесей, дефектов и исследования структурного совершенства с помощью анализа оптических центров синтезированного алмаза. Поставка оборудования проводится в рамках оснащения стендового комплекса «Алмазный детектор». Работы НИОКР по теме: «Разработка инновационных методов синтеза монокристаллических алмазных полупроводниковых материалов и гетероструктур изолятор-полупроводник-проводник» выполняются в целях обеспечения Подпрограммы 9 «Разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем» государственной программы Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса».

2.2 Задачами работы являются:

- поставка конфокального рамановского дисперсионного спектрометра для анализа структурного качества синтезируемых алмазных кристаллов;
- поставка спектрофотометра УФ/Вид-диапазона исследовательского класса для определения структуры алмазного материала электронного качества на основе анализа спектров оптических центров алмаза.

Комбинационное рассеяние совершенного алмаза содержит две компоненты: узкую линию рамановского фонона  $1332\text{ см}^{-1}$  и менее интенсивную двухфононную компоненту, в целом повторяющую плотность фононных состояний в алмазе. Комбинационное рассеяние в разных углеродных материалах имеет ярко индивидуальный вид, что позволяет обнаружить неалмазную фазу в алмазных CVD пленках. Размеры алмазных кристаллитов, механические напряжения в пленках сказываются на положении, ширине и форме основной рамановской линии. Наличие примесей и дефектов в алмазе приводит к появлению в спектре комбинационного рассеяния характерных линий и полос. Поэтому любое исследование алмазных CVD кристаллов должно сопровождаться диагностикой комбинационного рассеяния в них.

Алмаз является широкозонным полупроводником. Поэтому большинство примесей и дефектов в нём оптически активны, то есть

проявляются и в оптическом поглощении, и в фотолюминесценции, и в фотопроводимости, и в спектроскопии возбуждения, обычно в виде узких бесфононных линий плюс фононные повторения. Спектроскопия оптического поглощения является количественной методикой измерения концентрации оптически активных примесей и дефектов. Наибольшее влияние на электрические и оптические свойства алмаза оказывает примесь азота, которая встречается в виде разнообразных агрегатов и азотно-вакансионных дефектных комплексов. Все они оптически активны, их состав и концентрация надёжно определяются по оптическому поглощению. Свойства синтетического алмаза определяются в основном примесью атомов азота, находящихся в одиночном замещающем положении. С самой высокой чувствительностью (до 5 ppb) его концентрация определяется по характерной полосе поглощения с максимумом на длине волны 270 нм. Спектрометр УФ/ВИД предназначен для диагностики концентрации оптически активных примесей и дефектов, которые, в значительной степени, определяют электронное качество синтетического алмаза.

### РАЗДЕЛ 3. ОПИСАНИЕ РАБОТ

3.1 В состав поставляемого оборудования - конфокального рамановского дисперсионного спектрометра, должно входить:

3.1.1. Стигматический одноходовой спектрограф:

- высокосветосильный спектрограф – 1 шт;
- парный рэлеевский фильтр – 4 шт;
- механизм автоматического переключения рэлеевских фильтров 1- шт;
- независимые каналы ввода лазерного излучения - 3 шт.;
- полуволновая и четвертьволновая моторизованные пластины для лазеров - 3 комплекта;
- анализаторы для лазеров - 3 шт;
- набор взаимозаменяемых фокусирующих линз - 1 шт;
- устройство, без использования апертуры малого сечения при работе в конфокальном режиме - 1 шт;
- контролируемый энкодерами механизм позиционирования дифракционных решеток - 1 шт;

- система измерения спектров с высоким разрешением - 1 шт;
- CCD-матрица с улучшенными характеристиками в УФ-области - 1 шт;
- моторизованные ослабители лазерного излучения - 4 шт;

3.1.2. платформа для монтажа системы и лазеров – 1 шт;

3.1.3. микроскоп исследовательского класса:

- светозащитный кожух с блокировкой лазера - 1шт;
- комплект опций для работы в светлом и темном поле - 1 шт;

- цветная видеокамера - 1 шт;
- бинокляры для визуального контроля образца - 1 шт;
- сменная 5-позиционная турель для объективов – 1шт;
- 3.1.4. объективы к микроскопу – 4 шт;
- 3.1.5. автоматизированный столик XYZ для микроскопа: джойстик для автоматического управления столиком - 1 шт;
- 3.1.6. лазеры с воздушным охлаждением – 3 шт;
- 3.1.7. столик для микроскопа с регулируемой температурой – 1 шт;
- 3.1.8. измеритель мощности лазера – 1 шт;
- 3.1.9. система управления спектрометром:
  - персональный компьютер - 1 шт;
  - монитор - 1 шт;
  - принтер - 1 шт;
  - программное обеспечение - 1 комплект;
- 3.1.10. система автоматизации измерений - 1 шт:
  - устройство автоюстировки и оптимизации мощности лазерного излучения;
  - устройство автоматического переключения лазеров;
  - устройство автоматического переключения решеток;
  - устройство автоматической калибровки спектрометра с использованием встроенных стандартных образцов кремния и неоновой лампы;
  - устройство автоматического переключения режимов работы спектрометра и микроскопа.
- 3.2 В состав поставляемого оборудования – спектрофотометра УФ/Вид-диапазона исследовательского класса должно входить:
  - 3.2.1. спектрометр высокого разрешения:
    - оптическое основание - 1шт;
    - комплект оптических элементов для реализации двухлучевой оптической схемы Литтрова – 1 комплект;
    - монохроматор – 1 шт;
    - предустановленные галогеновая и дейтериевая лампы с автоматической сменой источника – 1 комплект;
    - лучеделитель на базе 4-х сегментного чоппера – 1 шт;
    - детекторный модуль – 1 шт;
    - кюветное отделение – 1 шт;
  - 3.2.2. держатель твёрдых образцов:
    - основание держателя для установки в кюветное отделение спектрометра - 1 шт;

- система крепления образца – 1 шт;
- система изменения угла падения излучения на образец – 1 шт;

### 3.2.3. Система управления:

- персональный компьютер - 1 шт;
- монитор - 1 шт;
- принтер - 1 шт;
- программное обеспечение - 1 комплект.

## РАЗДЕЛ 4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 4.1. Характеристики конфокального рамановского дисперсионного спектрометра:

#### 4.1.1. Характеристики стигматического одноходового спектрографа:

- высокосветосильный спектрограф с фокусным расстоянием 250 мм (светосила  $>30\%$ );
- спектральный диапазон 30000-5 см<sup>-1</sup>;
- диапазон возможных длин волн возбуждения от 244 до 1064 нм;
- спектральное разрешение 1 см<sup>-1</sup>; максимально достижимое - 0,3 см<sup>-1</sup>;
- 16 уровней ослабления лазера;
- возможность получения спектров в полном диапазоне без сшивки отдельно записанных фрагментов;
- взаимозаменяемый, не требующий юстировки, парный рэлеевский фильтр для длины волны 785 нм, установленный на магнитном основании, обеспечивающий измерение рамановского сдвига в диапазоне от 100 до 3500 см<sup>-1</sup>;
- взаимозаменяемый, не требующий юстировки, парный рэлеевский фильтр для длины волны 532 нм, установленный на магнитном основании, обеспечивающий измерение рамановского сдвига в диапазоне от 100 до 9000 см<sup>-1</sup> и фотолюминесценции в диапазоне от 534 до 1000 нм;
- взаимозаменяемый, не требующий юстировки, парный рэлеевский фильтр для длины волны 405 нм, установленный на магнитном основании, обеспечивающий измерение рамановского сдвига в диапазоне от 150 до 9000 см<sup>-1</sup> и фотолюминесценции в диапазоне от 408 до 1000 нм;
- взаимозаменяемый, не требующий юстировки, парный рэлеевский фильтр для длины волны 405 нм, установленный на магнитном основании, обеспечивающий измерение фотолюминесценции в диапазоне от 408 до 1000 нм без интерференционных помех на спектре;
- три независимых канала ввода лазерного излучения, с возможным количеством одновременно устанавливаемых, автоматически переключаемых лазеров до 8;

- полуволновая и четвертьволновая моторизованные пластины для всех лазеров, переключаемые из ПО, для проведения поляризационно-зависимой рамановской спектроскопии;

- анализаторы для всех лазеров для проведения поляризационно-зависимой рамановской спектроскопии, закреплённые после фильтров на магнитных опорах;

- набор взаимозаменяемых фокусирующих линз для видимого диапазона для оптимизации спектрального разрешения;

- устройство, позволяющее не использовать апертуру малого сечения при работе в конфокальном режиме, при этом отсутствуют подвижные оптические элементы для обеспечения проведения конфокальных измерений;

- контролируемый энкодерами механизм позиционирования дифракционных решеток с возможностью одновременного монтажа двух решеток (решетки 1200 и 2400 линий/мм) на взаимозаменяемом магнитном основании;

- система измерения спектров с высоким разрешением в диапазоне, в несколько раз превышающем размеры CCD-матрицы без их «сшивки»;

- спектральное разрешение контролируется с помощью биннинга на CCD-матрице;

- CCD-матрица с улучшенными характеристиками в УФ-области, (1024x256 пикселей) и пельтье-охлаждением до  $-70^{\circ}\text{C}$ ;

- моторизованные ослабители лазерного излучения для обеспечения 16 различных уровней мощности от 0,00005 до 100%.

Исполнение прибора – настольный.

#### 4.1.2. Платформа для монтажа системы и лазеров:

- возможность установки до 4-х лазеров на оптическом столе.

#### 4.1.3. Характеристики микроскопа исследовательского класса:

- регулируемое освещение образца для работы на отражение и пропускание;

- возможность наблюдения образцов в поляризованном свете на отражение и пропускание;

- максимальное пространственное латеральное разрешение не более 0,25 мкм;

- конфокальное разрешение 1,5 мкм;

- плавно изменяемый диаметр пучка на образце от 1 до 300 мкм (в зависимости от объектива и длины волны возбуждения) с полной оптимизацией оптического пути.

#### 4.1.4. Характеристики комплекта объективов к микроскопу:

- увеличение первого объектива 5х;

- числовая апертура первого объектива 0,2;
- рабочее расстояние первого объектива 16мм;
- увеличение второго объектива 20х;
- числовая апертура второго объектива 0,4;
- рабочее расстояние второго объектива 6,9 мм;
- увеличение третьего объектива 50х;
- числовая апертура третьего объектива 0,5;
- рабочее расстояние третьего объектива 8,2 мм;
- увеличение четвертого объектива 100х;
- числовая апертура четвертого объектива 0,85;
- рабочее расстояние четвертого объектива 0,36 мм;
- возможность работы всех объективов в темном и светлом поле на отражение и пропускание.

4.1.5. Характеристики автоматизированного столика XYZ для микроскопа:

- максимальное перемещение столика 112х76 мм;
- шаг позиционирования моторизованного столика по латеральным осям 50 нм;
- шаг позиционирования моторизованного столика по вертикальной оси, 8 нм;
- управление столиком из программного обеспечения;
- скоростное автоматическое картирование по точкам – латеральное и в объеме.

4.1.6. Характеристики комплекта лазеров с воздушным охлаждением:

- первый лазер тип твердотельный, вертикально поляризованный, с длиной волны 532нм, выходной мощностью 100 мВт;
- второй лазер тип вертикально поляризованный, диодный, высокой яркости со стабилизацией частоты, с длиной волны 785 нм, выходной мощностью 100 мВт;
- третий лазер тип диодный, вертикально поляризованный, со стабилизацией частоты, с длиной волны 405 нм с выходной мощностью 30 мВт;
- класс защиты от лазерного излучения-3b и выше.

Срок службы лазеров - не менее 2 лет.

4.1.7. Характеристики столика для микроскопа с регулируемой температурой:

- диапазон температур от -196 до 600°C;
- управление из программного обеспечения спектрометра.

4.1.8. Характеристики измерителя мощности лазера:



- исполнение – портативное.

#### 4.1.9. Характеристики системы управления спектрометром:

Программное обеспечение включает все функции контроля спектрометра и его компонентов, сбора и обработки спектральных данных.

Одновременный обзор поверхности образца на экране и пятна лазера на нем.

Возможность получения и визуализации спектрохимических рамановских карт, как в плоскости, так и в объеме.

Дополнительные характеристики спектрометра:

Возможность работы в режиме усиления чувствительности поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния (SERS).

Порты для присоединения оптоволоконных датчиков.

Возможность присоединения интерфейса с электронным микроскопом.

Копия свидетельства об утверждении типа средств измерения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Копия методики поверки.

Инструкция по эксплуатации на русском языке.

#### 4.2. Характеристики спектрофотометра УФ/Вид-диапазона исследовательского класса:

##### 4.2.1. Характеристики спектрометра высокого разрешения:

- оптическая схема дуолучевая с двойным монохроматором;
- спектральный диапазон 175 - 900 нм;
- просветленная оптика ( $\text{SiO}_2$ ) с голографической решеткой монохроматора 1440 линий/мм и схемой Литтрова;
- предъюстированная D2-лампа, напряжение питания 135В, потребляемая мощность ~40Вт;
- предъюстированная вольфрамгалогенная лампа, напряжение питания галогеновой лампы 12В мощность 20Вт;
- чоппер (46+ Hz, Циклы: темный/образец/темный/ образец сравнения);
- детектор – бессеточный ФЭУ R6872;
- спектральное разрешение переменное, 0,05 – 5,00 нм;
- уровень рассеянного света не более 0,00007%Т на длинах волн 220, 340 и 370 нм;
- погрешность установки длины волны 0,08 нм;
- воспроизводимость установки длины волны 0,02 нм;
- фотометрическая точность 0,002А (NIST 930D фильтр 0,5 А);
- фотометрическая воспроизводимость 0,00008А (NIST 930D фильтр 0,5 А, по результатам 10 измерений);
- фотометрический диапазон  $\pm 6\text{А}$ ;

- фотометрический шум не более 0,00005 А (0А/500 нм);
- 2 кюветных отделения с возможностью установки в них приставок и/или заменяемых детекторных модулей с системой автоматического распознавания.

#### 4.2.2. Характеристики держателя твёрдых образцов:

- обеспечение измерения твёрдых образцов в проходящем свете;
- обеспечение контроля угла падения излучения на образец.

#### 4.2.3. Характеристики системы управления:

- процессор - Intel Core i5
- оперативная память не менее 8 ГБайт
- объём жёсткого диска не менее 512 Гбайт
- интерфейсы для подключения периферийных устройств: USB, LAN
- операционная система - Windows 10 Professional
- монитор – жидкокристаллический, с диагональю не менее 23"
- принтер – лазерный, ч/б-печать, разрешение 600х600 dpi.

4.2.4. Программное обеспечение должно содержать следующие функции:

- контроль и управление спектрометром
- сбор и обработку данных со спектрометра. Процедуры для сканирования по длине волны, по времени и по отдельным длинам волн с одновременным отражением результатов, параметров эксперимента и состояния прибора
- процедуры количественного анализа
- процедуры для создания отчетов
- процедуры для получения и управления базами спектральных данных.

## РАЗДЕЛ 5. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

5.1 Товар, поставленный в рамках Договора, должен быть новым (не бывшим в эксплуатации), не должен иметь дефектов, связанных с конструкцией, материалами или функционированием при штатном использовании.

#### 5.2 Требования к упаковке:

Оборудование поставляются в специальной упаковке, соответствующей стандартам, ТУ, обязательным правилам и требованиям для тары и упаковки. Упаковка должна обеспечивать полную сохранность изделий на весь срок его транспортировки с учетом перегрузок и длительного хранения.

#### 5.3 Условия поставки:

В общую сумму договора должны входить: доставка, погрузочно-разгрузочные работы, НДС, упаковка, монтаж, пуско-наладочные работы, получение свидетельства о поверке, полный комплект техдокументации, уплата таможенных пошлин, налогов и других обязательных платежей.

Доставку, сборку и монтаж должны осуществлять граждане РФ, трудоустроенные, в соответствии с действующим законодательством.

#### 5.4 Гарантийные требования:

Гарантийное обслуживание должно осуществляться в течение не менее 12 месяцев с момента передачи Товара Заказчику.

#### 5.5 Требования к Поставщику:

- опыт поставок, не менее 1 года.

### РАЗДЕЛ 6. ТРЕБОВАНИЕ К СРОКУ (ИНТЕРВАЛУ) ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Сроки выполнения работ:

- поставка в течение 90 календарных дней с момента подписания договора;
- монтаж и завершение пуско-наладочных работ – не позднее 31 декабря 2020 г.

### РАЗДЕЛ 7. ПОРЯДОК ПРИЕМКИ

7.1 Поставка осуществляется в срок до 30 ноября 2020 года.

Проведение пуско-наладочных работ на территории Заказчика осуществляются до 31 декабря 2020 г.

Оплата за Товар в рамках Договора осуществляется в течение 7 (Семи) календарных дней после произведенных пуско-наладочных работ на территории Заказчика и подписания Акта сдачи-приемки работ.

7.2 Оборудование принимается в соответствии с требованиями ТЗ Покупателя. В случае отклонения от ТЗ оборудование не принимается. Поставщик обязан устранить выявленные отклонения за свой счет в срок не более 60 рабочих дней.

7.3 Вместе с Товаром Поставщик обязуется передать Покупателю следующие документы на него:

- а) товарную накладную по форме ТОРГ-12 в 2-х экз. (один экземпляр для Покупателя и один экземпляр для Поставщика);

- б) сертификаты/декларации соответствия на товары, которые подлежат сертификации в соответствии с законодательством РФ;

- в) заводская сопроводительная документация, соответствующая характеру поставляемой продукции (паспорт и руководство по

эксплуатации);

г) свидетельство об утверждении типа средств измерения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

7.4 После проведения пуско-наладочных работ на территории Заказчика Поставщик обязуется передать Покупателю следующие документы:

а) счет, счет-фактуру, выставленные Покупателю;

б) акт сдачи-приемки работ в 2-х экз. (один экземпляр для Покупателя и один экземпляр для Поставщика);

в) оформленные гарантийные талоны с указанием срока гарантийного периода;

г) свидетельство о поверке.

7.5 Адрес поставки:

108840 г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиных, владение 12, зд. 104В.

Начальник сектора



Н.Б. Родионов