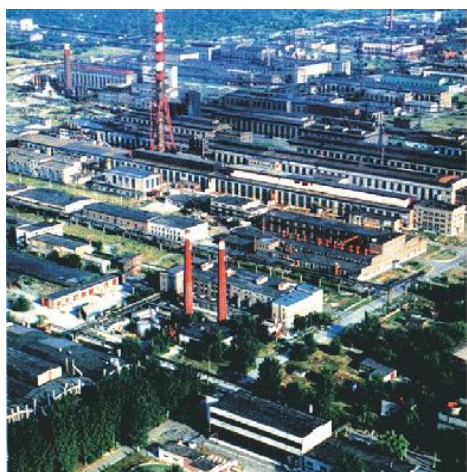


**ГИРЕДМЕТ**

**РОСАТОМ**

**Акционерное общество  
«Государственный научно-исследовательский  
и проектный институт редкометаллической  
промышленности «Гиредмет»  
имени Н.П. Сажина**



АО «Гиредмет» осуществляет функции ведущей и координирующей научно-исследовательской и проектной организации материаловедческого профиля, комплексно решающей проблемы инновационного развития важного междисциплинарного и межотраслевого направления науки и техники - создания новых конкурентоспособных материалов на основе редких, драгоценных металлов, титана, элементарных полупроводников и полупроводниковых соединений, веществ высокой и ультравысокой чистоты, сверхтвердых, наноструктурных материалов и материалов с особыми свойствами.



Монокристалл InSb, полученный в лабораториях АО «Гиредмет» с применением метода Чохральского



Внешний вид растущего кристалла методом Чохральского на ориентированную затравку в ориентации 100



Работа научного сотрудника лаборатории АО «Гиредмет» в чистой зоне. Обработка пластин на ультразвуковой линии отмывки



ГИРЕДМЕТ

РОСАТОМ

**НАУКА**  
**ИННОВАЦИИ**  
**ПРОИЗВОДСТВО**  
**КОНСТРУИРОВАНИЕ**



Голиней А.И.  
Директор АО «Гиредмет»

Мы видим свою миссию в системной интеграции фундаментальных исследований, прикладных разработок и передовых проектных решений для обеспечения инновационного развития базовых отраслей российской экономики, продвижения наукоемкой продукции на рынки высокотехнологичных товаров и услуг на базе эффективного использования интеллектуального потенциала и уникальной научно-производственной инфраструктуры института.



АО «Гиредмет» Госкорпорации «Росатом» является ведущей и координирующей научно-исследовательской и проектной организацией материаловедческого и химико-технологического профиля, специализирующейся на разработке новых материалов на основе редких и драгоценных металлов, их соединений и сплавов, высокочистых веществ, полупроводниковых и оптических материалов, наноматериалов.

Разработанные институтом технологии успешно внедрены на десятках предприятий России и зарубежья, работающих в сфере микроэлектроники, атомной энергетики, приборостроения, авиа- и ракетостроения, СВЧ техники, ИК оптики, сверхпроводниковой техники и проч., а также в области добычи и переработки минерального сырья, содержащего РМ, РЗМ и драгоценные металлы. Всё это определило формирование особого характера и бренда нашего института, с которыми он достойно пережил непростые периоды кризисных явлений в экономике страны, и сегодня активно и прагматично встраивается в новые условия.



Сегодня в АО «Гиредмет» органично сочетаются фундаментальная и прикладная науки, традиции десятилетиями формировавшихся научных школ и проектные офисы вновь рождающихся технологий и разработок, что создаёт широкие возможности для доведения перспективных научных разработок до практической реализации и проектно-конструкторских решений с последующим внедрением на промышленных предприятиях.

# Ключевые направления научно-технологического развития АО «Гиредмет»

## Полупроводниковые материалы

- Технологии роста монокристаллов АЗВ5 и А2В6
- Технология получения фоточувствительных структур КРТ
- Технология получения полированных пластин полупроводников АЗВ5 класса «epi-ready»
- Технологии термоэлектрических материалов

## Материалы для оптики и фотоники

- Технологии получения монокристаллических сцинтилляторов
- Технология синтеза монокристаллов Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Технологии материалов и элементов ИК оптики и фотоники
- Технологии детекторных элементов на основе TlBr
- Технологии ИК градиентных линз

## Особо чистые соединения РМ и РЗМ

- Технологии порошков РЗМ и их соединений высокой чистоты
- Технологии сложных химических соединений для ВТСП
- Технологии получения нанокристаллических оксидов РЗМ
- Технологии дистилляции и ректификации Li
- Разделение и аффинирование драгоценных металлов из их концентратов

## Редкие и редкоземельные металлы и порошковые технологии

- Технологии сферических порошков тугоплавких металлов
- Технологии порошков РМ и РЗМ
- Технологии сплавов, лигатур
- Технологии металлов высокой чистоты

## Химическая аналитика, испытания и сертификация

- Элементный химический анализ
- Фазовый (структурный) анализ
- Анализ изотопного состава
- Анализ химического состава ОСЧ веществ
- Анализ гранулометрического состава дисперсных материалов (порошков)
- Минералого-петрографический анализ минерального сырья
- Разработка и аттестация методики измерения
- Разработка и аттестация стандартных образцов
- Химические технологии переработки минерального сырья

## Конструирование, проектирование и изготовление

- Мало- и среднемасштабных установок для производства металлических порошков, получения особо чистых РМ и их соединений, выращивания монокристаллов и др.
- Опытных и промышленных установок переработки минерального сырья.

# Редкие и драгоценные металлы

Основу комплекса составляют технологические лаборатории.

Первая из них - это лаборатория минералого-технологических исследований, в которой проводится комплекс научно-исследовательских работ в области создания эффективных технологий переработки рудного сырья. В настоящее время лаборатория оснащена оборудованием, позволяющим проводить научные исследования, а так же перерабатывать руду различных промышленных типов в укрупнено- лабораторном масштабе и составлять на основе полученных результатов технологические регламенты для проектирования промышленных предприятий.

Технологические лаборатории проводят исследования по следующим направлениям:

- изучение методов разделения редких металлов и физико-химических методов исследования редких металлов и их соединений;
- исследование технологических аспектов получения рассеянных элементов;
- разработка технологических процессов получения и очистки галоидных соединений редких элементов и кремния;
- изучение комплекса вопросов по технологии веществ высокой чистоты;
- изучение вопросов технологии редкоземельных металлов, порошков и сплавов на их основе;
- изучение и разработка технологий промышленной экологии и охраны труда.



## Лаборатория тугоплавких металлов

1 – классификатор для сфероидизации порошков металла (Ta, Ti, Nb, Mo и т.д.);

2 – дуговая печь для плавки лигатуры (NiSc, Sc, Ta и др.);

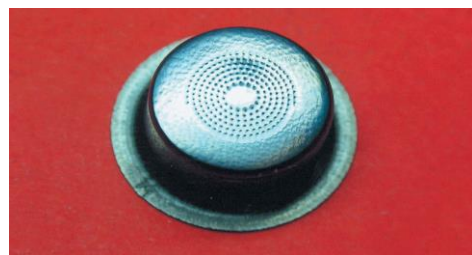
3 - индукционная печь для плавки тугоплавких металлов РЗМ.

Институт «Гиредмет» достиг высокой научно-технической эффективности в разработке следующих наукоемких технологий редких, редкоземельных и драгоценных металлов и их соединений:

- хлорный метод переработки сложного редкометалльного сырья, содержащего ниобий, тантал, титан и редкоземельные элементы. В разработанной технологии впервые в отечественной и зарубежной практике реализован процесс высокотемпературной ректификации расплавов хлоридов ниобия и тантала с целью их разделения, глубокой очистки и получения высокочистых веществ: оксид ниобия, оксид тантала для ферросплавов, твёрдых сплавов и оптического стекла; ниобат лития и танталат лития для фильтров акустических волн; титанат бария, цирконат-титанат свинца, титанат стронция и бария, магниониобат свинца для керамических конденсаторов;
- экстракционная технология индивидуальных оксидов редкоземельных металлов высокой чистоты для легирования чугунов, синтеза люминофоров, получения полирующих порошков, изготовления магнитов, автомобильных катализаторов, оптического стекла, лазерных материалов, постоянных магнитов;
- хлорная технология титановой губки и пигментной двуокиси титана;
- хлоридно-экстракционная технология переработки шламов медно-никелевого производства с получением индивидуальных редких и благородных металлов: платины, палладия, иридия, родия, золота и серебра;
- технология извлечения благородных металлов из отработанных алюмоплатиновых и алюмопалладиевых катализаторов на основе хлорного и пиromеталлургического процессов.
- пиromеталлургическая технология двуокиси циркония для производства высококачественных огнеупорных материалов, используемых при футеровки стекловарочных печей и в качестве термостойкого покрытия литейных форм.



Особочистые соли металлов



Фильтры из тантала



В лаборатории для выращивания соли TiBr и TiBr-TiJ (KPC-5)



Монокристаллические линзы KPC-5



# Оптические материалы

В институте разработаны методы глубокой очистки и выращивания монокристаллов галогенидов серебра и таллия, используемых для создания разнообразных оптических приборов:

- пирометры для дистанционного измерения и регулирования температуры;
- устройства для обнаружения и пеленгации объектов;
- наземные и космические приборы для прогнозирования погоды;
- инфракрасные спектрометры для исследования состава веществ;
- оптические элементы мощных газовых СО и СО<sub>2</sub>-лазеров (окна, полупрозрачные зеркала, линзы);
- акустооптические ячейки для управления лазерным пучком;
- радиаторы счетчиков излучения для регистрации частиц высоких энергий;
- неохлаждаемые детекторы  $\alpha$  и  $\gamma$ -излучений, работающие при комнатной температуре;
- волоконно-оптические приборы лазерной хирургии (волокна из галогенидов серебра) и передачи высокоэнергетического излучения в труднодоступные места.

Самый крупный в мире монокристалл ортосиликата лютеция, активированного церием ( $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$ ) для применения в качестве сцинтилляторов в детекторах гамма-излучения позитронно-эмиссионных томографов (ПЭТ), выращенный научными сотрудниками лаборатории АО «Гиредмет».



# Вещества особой чистоты

Основное направление исследований связано с разработкой технологий синтеза и очистки неорганических соединений, получением веществ особой чистоты.

Разработана технология получения более 170 галогенидов 48 элементов периодической таблицы для:

- металлургии;
- микроэлектроники, волоконной оптики и оптоэлектроники;
- ядерной энергетики;
- катализаторов в основном органическом синтезе, синтезе элементоорганических соединений и т. д.

Технологические схемы включают различные физико-химические методы очистки:

- дистилляция;
- ректификация;
- зонная плавка;
- направленная кристаллизация.



Образцы получаемых материалов



Ректификационная колонна

# Рассеянные элементы

В лаборатории разрабатываются способы получения различных соединений редких металлов высокой степени чистоты от 99,9 % до 99,999999 % (3N-8N) содержания основного вещества - оксидов, нитратов, галогенидов, гранатов, легкоплавких сплавов и диффузных припоев.

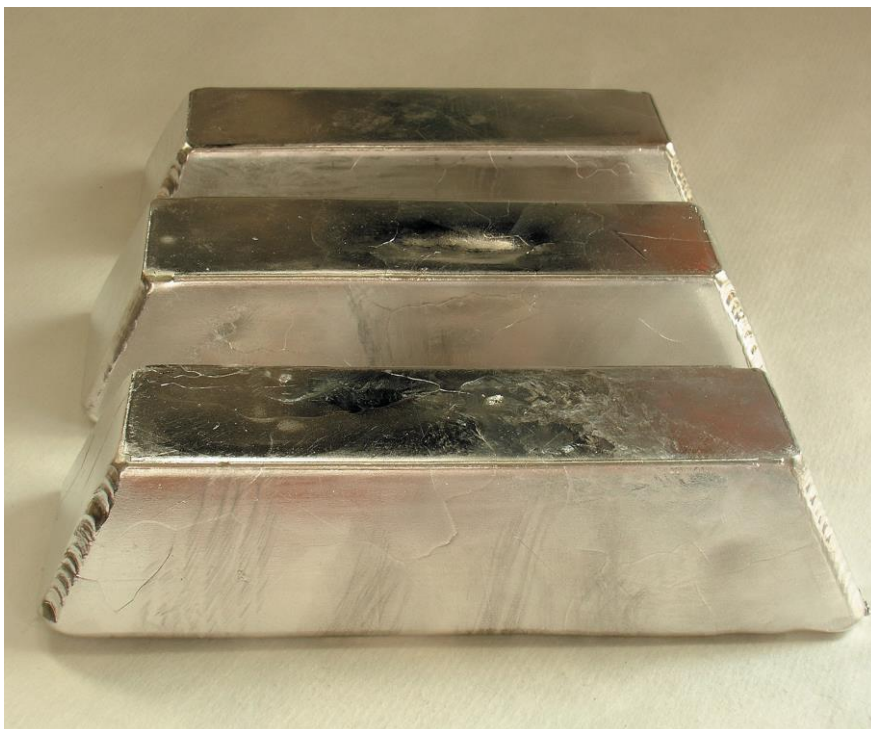
Одна из важнейших задач - переработка вторичного сырья рассеянных элементов: полупроводниковых приборов  $A^3B^5$  (арсенида галлия и индия, фосфида галлия и индия); промышленных катализаторов и специальных сплавов (рений); вторичного сырья галогенидов (таллий).



Индий марки Ин-00



Рений металлический (кристалл)



Индий марки Ин-00 из отходов сплавов



Галлий марки Ga-99,9999 (вес от 0,5 до 2,0 кг/с, точн. 0,1 г)

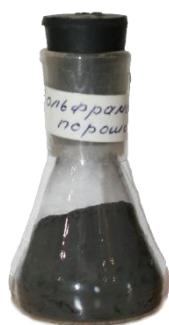
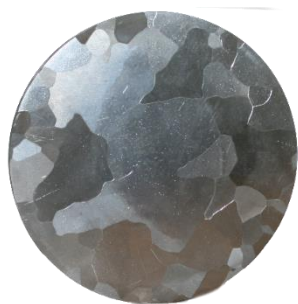


Галлий марки 7N (99,9999)

# Материалы на основе редких металлов

Разработанные в институте тончайшие приемы разделения и очистки, положенные в основу промышленного производства редких металлов, позволяют получать продукты чистотой 6-8N:

- редкоземельные металлы и скандий для металлургии, атомной промышленности, медицины, оптики, сельского хозяйства, для производства постоянных магнитов, люминофоров, сверхпроводников и конструкционной керамики, магнито-оптических запоминающих устройств, лазеров;
- тугоплавкие металлы Ti, Ta, Nb, V, Zr, Hf и их соединения и сплавы для легирования чугуна и стали, производства жаропрочных и коррозионностойких материалов, атомной и авиационной техники, производства конденсаторов и медицинской промышленности, судостроения и электротехники;
- рений для производства суперсплавов для авиации, получения высокооктанового бензина и для приборостроения;
- Ga, In, Tl для электроники, солнечной энергетики, для получения светодиодов, оптических и лазерных материалов.



Готовая продукция АО «Гиредмет»



# Полупроводники и наноматериалы

Основу комплекса составляют лаборатории и сектора, которые по характеру и профилю работ разделяются на две большие группы:

- Группа технологических лабораторий и секторов непосредственно связанных с разработками технологий и лабораторным производством широкой гаммы полупроводниковых материалов.
- Группа лабораторий и секторов связанных с материаловедческими исследованиями полупроводниковых материалов, конструированием оборудования, разработкой методов и методик анализа материалов, в том числе наноматериалов.

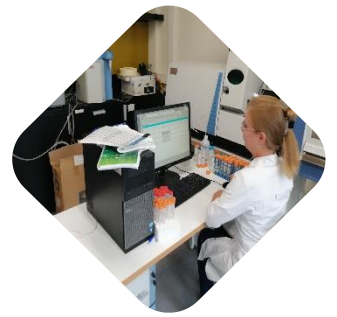
Главными направлениями работ лабораторий первой группы являются:

- материалы для высокоэффективных детекторов ионизирующих излучений;
- материалы для приемников УФ, видимого и ИК-излучения в широком диапазоне длин волн;
- материалы для термоэлектрических преобразователей (генераторы и холодильники);
- материалы для современной элементной базы приборов микроэлектроники, в том числе для радиационно стойких микросхем, нано- и оптоэлектроники, силовой и СВЧ-техники, спинтроники и солнечной энергетики;
- материалы для полупроводниковых сенсоров широкого функционального назначения;
- люминесцентные материалы для визуализации различных излучений и сцинтилляторы.



Лаборатория обработки полупроводниковых материалов.

# Полупроводники и наноматериалы



Направлениями работ лабораторий второй группы являются:

- теоретические и экспериментальные исследования основных закономерностей образования микродефектов и дефектов структуры в полупроводниковых материалах в процессе их роста и технологических операций изготовления приборов;
- исследования основных закономерностей распада пересыщенных твердых растворов различных легирующих примесей;
- изучение влияния дефектов структуры на электрофизические, оптические и механические свойства полупроводниковых монокристаллов и пленок и процессы деградации приборов;
- исследования природы твердых растворов, образующихся в соединениях  $A^3B^5$  и  $A^2B^6$  при отклонении от стехиометрии в пределах их области гомогенности;
- изучение природы глубоких центров, формирующихся в запрещенной зоне ряда важнейших широкозонных полупроводников и механизмов компенсации в высокоомных полуизолирующих монокристаллах GaAs и InP, и эпитаксиальных слоях GaAlN, а также роль в этих процессах собственных точечных дефектов, легирующих и сопутствующих примесей;
- изучение закономерностей дефектообразования в гетероэпитаксиальных структурах на основе тройных и четверных твердых растворов соединений  $A^3B^5$ , а также твердых растворов SiGe.

Лаборатории укомплектованы высококвалифицированными специалистами и современным диагностическим оборудованием, позволяющим на высоком экспериментальном уровне проводить комплексные фундаментальные исследования по наиболее актуальным для развития полупроводниковых технологии проблемам.

Лаборатории имеют в своем распоряжении высокоинформативные методы исследования свойств и реальной структуры полупроводниковых материалов в том числе: измерение концентрации, подвижности и времени жизни носителей заряда; определение типа и концентрации мелких примесных центров в кремнии методом низкотемпературной фотолюминесценции; определение параметров и локального распределения глубоких центров методами релаксационной спектроскопии, фото- и катодолюминесценции; определение характеристик оптических фононов методом инфракрасной Фурье-спектроскопии; измерение оптического поглощения и фото-проводимости; фотоэлектронная и Оже-спектроскопия; локальный рентгено-носпектральный анализ; просвечивающая и растровая электронная микроскопия; атомно-силовая, туннельная, рентгеновская, инфракрасная и оптическая микроскопия; рентгеновские дифрактометрия и топография; измерение внутренних напряжений, микротвердости и микрохрупкости, и ряд других.

# Материалы для энергетики

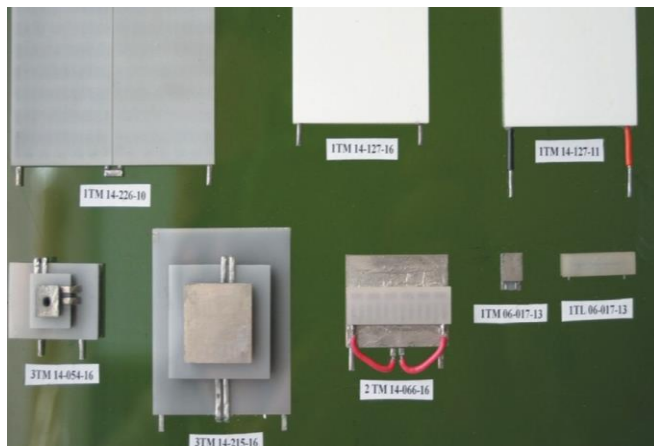
Институт разрабатывает технологию получения материалов для традиционных и альтернативных видов энергетики:

Направление исследования и разработки технологии получения термоэлектрических материалов появилось в АО «Гиредмет» относительно недавно. Лаборатория термоэлектрических материалов была создана в 1994 г.

Лаборатория располагает комплексом современного технологического и измерительного оборудования, необходимого для решения следующих задач материаловедческого профиля:

- синтез композиционного материала (методы сплавления компонентов, твердотельных реакций, включая механохимический синтез и индукционное сплавление);
- получение нано- и микропорошков (механоактивационная обработка в высокоэнергетической шаровой мельнице, сверхбыстрая закалка расплава – спиннингование или центробежное динамическое распыление);
- работа с нанопорошками в защитной атмосфере с контролем содержания кислорода и влаги;
- консолидация порошков (искровое плазменное спекание, горячее прессование, экструзия);
- измерение термоэлектрических свойств при температурах до 900 °С;
- структурные исследования (рентгеновская дифрактометрия, растровая и просвечивающая электронная микроскопия, прецизионное измерение плотности) на базе ЦКП МИСиС.

Основные направления работ связаны с созданием высокоэффективных термоэлектрических материалов низко- (до 300 °С) и среднетемпературного (до 600 °С) диапазона, таких как твердые растворы халькогенидов висмута и сурьмы Bi-Sb, теллурид германия GeTe, теллурид свинца PbTe, антимонид цинка ZnSb, силицид магния Mg<sub>2</sub>Si.



Слитки и пластины халькогенидов Bi и Sb

# Монокристаллы GaAs



В институте разработана технология получения монокристаллов арсенида галлия.

Нелегированный арсенид галлия с высоким удельным сопротивлением является базовым материалом для производства дискретных приборов и интегральных схем

СВЧ-диапазона для использования в различных отраслях, в том числе:

- сотовой и спутниковой телефонии;
- оптоволоконных линий связи;
- автомобильных радаров.

Легированные кристаллы арсенида галлия используются в оптоэлектронике для производства приборов, применяемых в:

- системах считывания, записи и передачи данных;
- системах дистанционного управления;
- сигнальных и информационных системах.

Среди отраслей - потребителей таких приборов - транспорт и информатика, медицина и наука, производство бытовой техники.



Лаборатория высокотемпературных полупроводниковых соединений  $A^3B^5$

Установка для получения полупроводниковых соединений методом Чохральского на ориентированную затравку в ориентации 100



# Монокристаллы и пластины $A^3B^5$



В институте разработана технология получения монокристаллов и пластин  $A^3B^5$ :

Пластины антимонида индия для процесса эпитаксии (epi-ready)

- антимонид галлия для производства широкого спектра оптоэлектронных приборов (лазеров, светоизлучающих диодов, фотопреобразователей), для волоконно-оптических линий связи, спектроскопии высокого разрешения, современных методов прецизионного контроля промышленных и сельскохозяйственных объектов, импульсно фазовой дальнометрии, квантоскопов, многокаскадных преобразователей солнечной энергии;
- антимонид индия для изготовления гальваномангнитных приборов и различных типов фотоприемников, работающих в диапазоне 3-5 мкм (широко используемых в системах тепловидения, астрофизике, космической технике, геологии, металлургии, медицине), а также ИК-фильтров.



Лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений  $A^3B^5$   
Установка для выращивания монокристаллов InSb и GaSb методом Чохральского

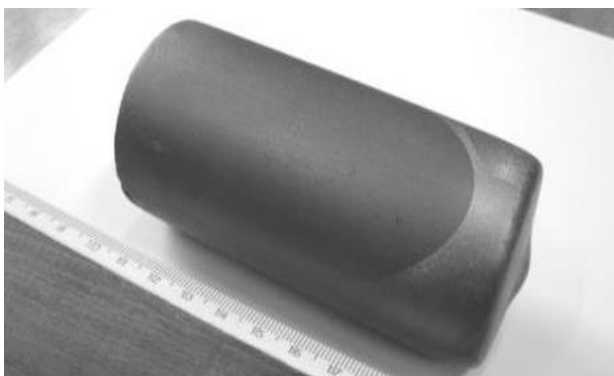
# Кристаллы, подложки и эпитаксиальные структуры CdZnTe

В институте разработана технология получения высокоомных кристаллов и пластин на основе соединений группы  $A^2B^6$  с новыми функциональными характеристиками:

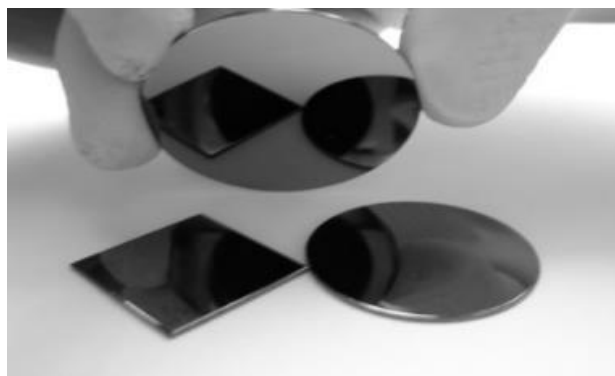
- монокристаллических элементов CdTe, CdZnTe, CdHgTe, CdSe для детекторов ионизирующих излучений, фотоприемных устройств, матричных ИК-фотоприемников;
- рентгеночувствительных элементов на основе ZnSe, позволяющих значительно увеличить чувствительность томографических приборов и снизить дозу облучения пациентов.

Эти материалы используются для производства детекторов в следующих областях:

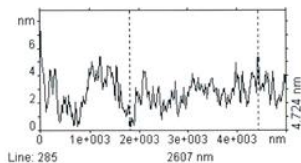
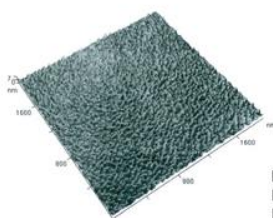
- спектроскопия;
- радиационный контроль;
- медицинское оборудование;
- экологический мониторинг;
- астрофизика и космические исследования;
- ядерная физика.



Кристалл Кадмий-цинк-теллур.  
Размеры: Ø50, Ø76



Эпитаксиальные структуры КРТ n- и p-типа электропроводности для фотоприемников среднего (3-5 мкм) и дальнего (8-12 мкм) ИК диапазонов спектра



Rms – 0,705 нм  
Ra – 0,528 нм  
Rz – 2,324 нм  
Rmax – 4,053 нм

# Физико-химические методы исследования

- Исследование физических свойств, структуры и локального состава полупроводниковых материалов, сплавов и соединений на основе редких металлов.
- Разработка новых материалов для электронной, электротехнической и химической промышленности.



## Аппаратура:

- Рентгеновский микроанализатор состава Камебакс-Микробим;
- Установка измерения микрокатодо-люминесценции на базе электронного микроскопа;
- Полный ряд оптических спектрофотометров на длины волн от УФ- до дальнего ИК (включая Фурье-спектрометр) производства Перкин-Эльмер и Брукер;
- Фотоэлектронный и Ожэ-спектрометр Эсхалаб МК-II;
- Атомно-силовой и туннельный микроскоп;



Анализ образцов на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS)



Химическая подготовка проб для атомно-эмиссионного с индуктивно-связанной плазмой анализа (ISP-OES)



Подготовка проб для ISP-OES, ISP-MS, AAS



Анализ газообразующих примесей методом инфракрасной спектроскопии



# Подготовка специалистов

Институт активно проводит работы по интеграции научного и образовательного потенциала научных организаций и высших учебных заведений, созданию исследовательской и учебной базы, учебных специализированных программ, созданию условий для подготовки и переподготовки высококвалифицированных научных и научно-педагогических кадров, активизации участия в исследованиях молодых ученых, аспирантов и студентов, совместному осуществлению инновационной деятельности в научной и образовательной сферах.

Одним из приоритетных направлений работ института является объединение процесса обучения с решением научно-исследовательских и производственных задач, возможность расширения спектра квалификационных знаний молодых специалистов, получение практических навыков профессиональной деятельности.

Эти задачи решаются в активном взаимодействии с профильными кафедрами Московского института стали и сплавов, Московской государственной академии тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева и другими ведущими вузами страны.





Для заметок





**ГИРЕДМЕТ**  
**РОСАТОМ**

---

АО Государственный научно-исследовательский институт  
редкометаллической промышленности «Гиредмет»

---

Адрес: ул. Электродная, д. 2., Москва, 111524  
Телефон: +7(495) 708-44-66 (10-41)  
E-mail: [info\\_giredmet@rosatom.ru](mailto:info_giredmet@rosatom.ru)