

# Производственные и технологические возможности АО «Гиредмет»



Госкорпорация «Росатом» в рамках Научного дивизиона сформировала Химико-технологический кластер (ХТК), включающий в себя три ключевых института - АО «НИИграфит», АО «Гиредмет» и АО «ВНИИХТ». Это системообразующая структура, стимулирующая инновации и поддержку научно-технического прогресса в атомной, химической, редкометалльной, графитовой и смежных отраслях российской промышленности. ХТК является интегратором научных исследований, прикладных разработок и промышленного производства, обеспечивает высокую синергию между различными этапами научно-технологического цикла. У нас создаются новые технологии, проводятся эксперименты и испытания, налажено производство нестандартного оборудования, малотоннажный выпуск критически важных материалов.

## НАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА:

Проекты от базового технологического проектирования  
до полного инжинирингового обслуживания

Автономное ключевое оборудование, а также полностью  
автоматизированные системы или установки «под ключ»

Технологии ХТК готовы к масштабированию на промышленные схемы  
реальных производств

Наш подход к НИОКР в разы ускоряет поиск оптимального решения  
для достижения целевых коммерческих показателей





ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
КЛАСТЕР (ХТК):

НИИграфит, Гиредмет, ВНИИХТ

## ИНТЕГРАЦИЯ:

Фундаментальная наука →

Прикладные исследования и разработки →

Внедрение в производство

## КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ:

- РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ:
  - ✓ Новых материалов, особочистых веществ, РЗ и РЗМ и технологий их производства
- КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО НЕСТАНДАРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
- ОПТИМИЗАЦИЯ И СОЗДАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ

## СТРУКТУРА ХТК:

- ✓ Научно-технические подразделения
- ✓ Опытно-экспериментальная база
- ✓ Собственное производство
- ✓ Метрология

**РЕЗУЛЬТАТ: СИНЕРГИЯ И НЕПРЕРЫВНОСТЬ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА**

# Институты ХТК Росатома



АО «Гиредмет» - основан в 1931 году

Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет» — ведущая координирующая научно-исследовательская и проектная организация материаловедческого профиля госкорпорации «Росатом». Институт специализируется на разработке новых материалов на основе редких металлов, их соединений и сплавов, высокочистых веществ, полупроводниковых материалов, наноматериалов и нанотехнологий.



АО «ВНИИХТ» - основан в 1951 году

Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии — единственное в стране научное учреждение, осуществляющее полный цикл научно-исследовательских и опытно-промышленных работ. Разрабатывает технологии и создает на их основе промышленные производства для переработки урановых, литиевых, бериллиевых и других редкометаллических руд с получением урана, лития и их соединений, а также конструкционных металлов.



АО «НИИГрафит» - основан в 1960 году

Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита — комплексный научно-производственный центр в области исследования и создания углеродных материалов для авиакосмической техники, атомной энергетики, металлургии, нефтегазового комплекса и медицины. В АО «НИИГрафит» разработано более 400 марок углеродных материалов, уникальных по своим свойствам и характеристикам.

# Основные направления деятельности

ИНСТИТУТ «ГИРЕДМЕТ» охватывает самый широкий в стране спектр разработок в области редких металлов от технологий добычи, переработки, выделения и очистки лёгких редких, рассеянных, тугоплавких и редкоземельных металлов до создания функциональных сплавов, соединений и изделий на их основе для электронной, атомной, химической, авиационной, космической, оборонной и других высокотехнологических отраслей промышленности.





# Конкурентные преимущества АО "Гиредмет"

## Экспертиза и государственная значимость



Более 90 лет опыта в области редких металлов при поддержке Госкорпорации «Росатом». Уникальная историческая роль и статус ведущего научно-технологического института страны.

## Полный технологический цикл



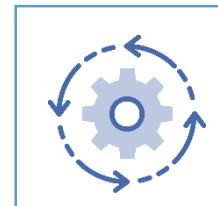
Глубокие компетенции охватывают всю цепочку — от переработки сырья до выпуска высокотехнологичной продукции: особо чистых металлов, полупроводников, оптических кристаллов и специальных сплавов.

## Практическое внедрение технологий



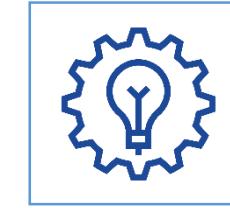
По проектам «Гиредмета» в России и за рубежом построено 23 химико-металлургических комбината, что подтверждает эффективность и востребованность разработок.

## Роль системного интегратора



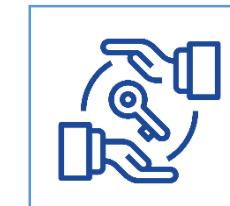
Способность решать комплексные задачи национального масштаба для оборонной, космической и атомной отраслей.

## Уникальные производства и технологии



Собственное опытно-промышленное производство, запатентованное оборудование и сильнейший в России аналитико-сертификационный центр.

## Комплексные решения «под ключ»



Предложение рынку не просто материалов, а готовых технологических решений с полным циклом внедрения.

# Индивидуальные редкие компактные металлы

Тантал (Ta)  
Ниобий (Nb)  
Цирконий (Zr)

Гафний (Hf)  
Ванадий (V)  
Молибден (Mo)

Вольфрам (W)  
Титан (Ti)  
Рений (Re)

Формы поставки: прутки, проволока, лист, фольга, порошок, слитки

Разработка технологий получения металлов (Zr, Hf, V, Nb, Ta, Р3М) методами металлотермического восстановления и гидрирование-дегидрирование

- Разработка технологий получения специальных сплавов
- Разработка технологий переработки вторичного металлического сырья
- Технологическое сопровождение освоения производства (Zr, Hf, V, Nb, Ta, Р3М)

## ОКАЗАНИЕ УСЛУГ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Рассеянные элементы высокой чистоты:

- Галлий (Ga) марки 7N (99,99999%).
- Индий (In) марок Ин-00, Ин-000, Ин-0000.
- Рений (Re) в виде металла, перрената аммония, рениевой кислоты.
- Селен (Se) и Теллур (Te) высокой чистоты.



# Порошки, сплавы, лигатуры

## МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ:

- Тугоплавкие металлы:  
Mo, W, Ta, Nb, Hf, Ti, Zr, V.

~ 15 тонн  
объем производства

~ 20 тонн\год  
объем производства

Производство металлических порошков Ta, Nb, V методом гидрирования-дегидрирования.



## ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФАЗА

**ГИДРИРОВАНИЕ**  
Активация (разрушение)  
Слитков металлов в атмосфере водорода  
нагреванием до 700-900 °C для  
Получения гидрита металла

**ДРОБЛЕНИЕ**  
Размол  
Полученного гидрата до  
необходимой фракции

**ДЕГИДРИРОВАНИЕ**  
Очистка дробленного гидрита от водорода  
нагреванием до 880 °C  
для получения  
металлического порошка

**ПРОСЕВ И УПАКОВКА**  
Просев  
металлического порошка на  
товарную фракцию и  
упаковку

Текущие заказчики :



ЛУЧ  
РОСАТОМ



ЧМЗ  
РОСАТОМ



ОКСИД



## Порошки, сплавы, лигатуры



### Область применения:

Порошки тантала (сырьё для производства компактного тантала, исходный материал для изготовления анодов для конденсаторов)

Порошки ниобия, ванадия (сырьё для производства компактных металлов, легирование сталей и сплавов, производство частей конденсаторов)

Производство металлических порошков W, Mo, Re методом восстановления в потоке водорода

~ 15 тонн/год  
объем производства

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФАЗА

#### ВОССТАНОВЛЕНИЕ

Восстановление металлических порошков из оксидов или соединений аммонийных солей (паравольфрамат, парамолибдат, перренат)

#### ПРОСЕВ И УПАКОВКА

Просеивание металлических порошков на товарную фракцию (по необходимости), упаковка

### Область применения:

- Основные компоненты для специальных и твёрдых сплавов
- Форма: полигональные и сферические.
- Специализированные Та-порошки для конденсаторов.
- Технологии производства: восстановление, гидрирование-дегидрирование, плазменная сфероидизация и др.



ЛУЧ  
РОСАТОМ



СМЗ  
РОСАТОМ



## Полировальный порошок марки «МОДИПОЛ»



При изготовлении «Модипола» используются наноструктурированные оксиды редкоземельных и редких металлов с добавками, имеющие специально сформированную морфологию и микроструктуру, обеспечивающую повышение скорости и качества полирования высокоточного оптического стекла, зеркал и других изделий.

### НАНОАБРАЗИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОЛИРОВАНИЯ

Полирование осуществляется нанозернами с острыми ребрами. С целью получить порошки высокого качества, необходимо получить частицы с нанозернами размером 50–300 нм с острыми гранями, октаэдрической или кубической формы. Чем острее грани, тем выше полирующая способность. На качество зерен влияет способ получения прекурсора.

### МАЛОТОННАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Порошки  
3 и 4 класса  
чистоты

Опытная установка  
20–25 кг за цикл  
**2 т/год**  
производительность

Порошки  
высокого  
класса  
чистоты

Промышленная  
линия  
**10 т/год**  
производительность

- Конкурентная цена (на 50 - 80% ниже иностранных аналогов)
- 100% отечественный продукт
- Оригинальные технологические решения
- Индивидуальные опытные партии
- Подбор требуемой морфологии продукта
- Использование на всех стадиях полирования
- Достижение суперфиниша поверхности до 10 Ангстрем

**4** ПАТЕНТА  
ТУ

### НОУ-ХАУ

Технология получения нанозерна с острыми краями.

### ТУ трех видов Модипола

А — с мелкими частицами

В — со средними частицами

С — с крупными частицами

Дополнительно порошок ранжируется по размеру зерен от 0,05 мкм до 0,6 мкм. Заказчик может сам выбрать нужный размер зерна.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДИПОЛА

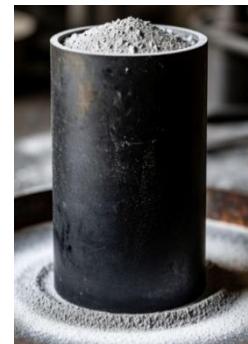
Дисперсность	0,4-1,5 мкм с улучшенной структурой частиц
Форма частиц	пластины
Полирующая способность	115мг/15 мин (+/- 5 мг.)
Полирующая способность, на смоле	60-65 мг/30 мин
Результат полирования	I-II класс чистоты поверхности
Структура частиц	Нанозёрна 50-300 нм октаэдрического габитуса
Содержание $\text{CeO}_2$ в РЗЭ, %	50-90

# Индивидуальные металлы РЗМ

## Технологический портфель



Электролиз.  
Легкие РЗМ (La, Ce, Pr, Nd)



La|C-термия.  
Среднетяжелые РЗМ  
(Sm, Eu, Yb, Gd)



Са-термия. Тяжелые РЗМ  
(Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y)



Li-термия  
Тяжелые РЗМ (Tb, Dy и др.+ Sc)

≥50 производственная  
мощность по  
металлическим РЗМ  
кг/месяц

### ВЫСОКОЧИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ:

Оксиды, хлориды,  
фториды РМ и РЗМ

### ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ (РЗМ):

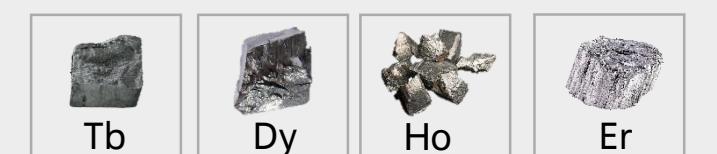
#### Легкая группа



#### Средне- тяжелая группа



#### Тяжелая группа





≥ 20  
> 0,5

объемы  
производства  
тонн в год

min масса  
сплава  
для НИОКР, кг

СПЛАВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ: СЛИТОК, ПОКОВКА,  
ПРУТОК, ПОРОШОК, ЛИГАТУРА

Текущие заказчики:



Прецизионные  
(специальные)  
сплавы (лист и лента  
горячего и  
холодного проката)



Функциональные  
и конструкционные,  
в т.ч. ВЭ-сплавы



Высокотемпературн  
ые сплавы с памятью  
Формы (СВПФ)



Жаропрочные  
никелевые  
сплавы



Тяжелые псевдо-  
сплавы  
(ВНМ/ВНЖ)



Металлогидридные  
сплавы  
(AB<sub>5</sub>, AB<sub>2</sub> и AB, ВЭА)



Мишени

ЛИГАТУРЫ

>100 видов

>20 тонн  
ВЫПУСК



ЛИГАТУРЫ С РМ И РЗМ:

Примеры: ГФН-10 (гафний-никель),  
РЗМ-алюминий, мишметалл,  
Ni-Y, Ni-La, Ni-Hf, Ni-Re, Ni-Cr-B,  
Fe-Mo, Fe-V, Al-Sc и др.

# Трансфер технологий и проектных решений в промышленность

**НИОКР:** Разработка технологии получения РЗМ (Се, мишметалл) методом электролиза изоксидно-фторидных расплавов.  
**Заказчик АО «СМЗ»**



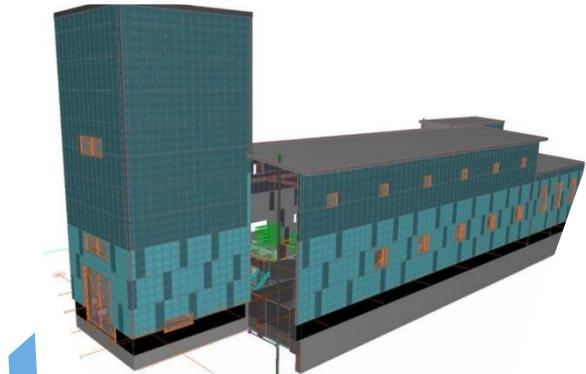
Электролизер 0.5 кг/час

**НИОКР:** Исследование процесса карботермического восстановления пятиокиси тантала. **Заказчик АО «СМЗ»**

**Проект:** «Разработка ИД на промышленный цех по производству сплавов и порошков»

$\geq 10$  объем производства  
сплавов  
тонн в год

$> 40$  объем производства  
порошков для АТ  
тонн в год



**НИР:** «Разработка технологического регламента на проектирование металлургического завода по переработке бериллиевого концентрата с получением гидроксида бериллия и металлического бериллия»

# Технологии и производство полупроводниковых материалов группы AlIBV



ГИРЕДМЕТ  
РОСАТОМ

АНТИМОНИД ИНДИЯ  
АНТИМОНИД ГАЛЛИЯ  
АРСЕНИД ИНДИЯ  
АРСЕНИД ГАЛЛИЯ



## ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛИТКА GaAs

GaAs			
Номинал диаметра слитка, мм			
40; 50,8; 76,2; 100			
Легирующая примесь	Нелегир.	Sn, Si, Te	Zn
Тип проводимости	n	n	p
Концентрация носителей, см <sup>-3</sup>	-	3×10 <sup>16</sup> ÷1,5×10 <sup>18</sup>	1×10 <sup>17</sup> ÷3×10 <sup>19</sup>
Удельное сопротивление, Ом·см	>1×10 <sup>7</sup>	-	-
Подвижность, см <sup>2</sup> /В·с	>5000	4200÷1200	170÷40
Плотность дислокаций, см <sup>-2</sup>	<50000	<50000	<50000

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛИТКА InSb

InSb			
Номинал диаметра слитка, мм			
Легирующая примесь			
Нелегир.	Te	Ge или Mn	
Тип проводимости	n	n	p
Концентрация носителей, см <sup>-3</sup>	1,5×10 <sup>14</sup> ÷3,0×10 <sup>15</sup>	3,0×10 <sup>15</sup> ÷1,0×10 <sup>18</sup>	1,0×10 <sup>15</sup> ÷1,0×10 <sup>18</sup>
Подвижность, см <sup>2</sup> /В·с	≥2×10 <sup>5</sup>	≥1×10 <sup>4</sup>	≥1×10 <sup>3</sup>
Плотность дислокаций, см <sup>-2</sup>	≤500		

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛИТКА GaSb

GaSb		
(100)		
Номинал диаметра слитка, мм		
	50,8 ; 76,2 и 100	
Легирующая примесь	Нелегир.	Te
Тип проводимости	p	n
Концентрация носителей, см <sup>-3</sup>	≤ 2,0×10 <sup>17</sup>	3,0×10 <sup>17</sup> ÷1,0×10 <sup>18</sup>
Подвижность, см <sup>2</sup> /В·с	≥4×10 <sup>2</sup>	≥2×10 <sup>3</sup>
Плотность дислокаций, см <sup>-2</sup>	≤5000	

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛИТКА InAs

InAs		
(100)		
Номинал диаметра слитка, мм		
50,8 ; 76,2 и 100		
Легирующая примесь	Нелегир.	S или Sn
Тип проводимости	p	n
Концентрация носителей, см <sup>-3</sup>	≤3×10 <sup>16</sup>	1×10 <sup>17</sup> ÷3×10 <sup>18</sup>
Подвижность, см <sup>2</sup> /В·с	≥40000	≥10000
Плотность дислокаций, см <sup>-2</sup>	≤50000	

ПОЛНЫЙ ЦИКЛ ИЗГОТОВЛЕНИЯ «EPI-READY» ПЛАСТИН ОТ УЧАСТКА ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ДО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ, ЧТО ГАРАНТИРУЕТ ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПО СТРУКТУРЕ И ГЕОМЕТРИИ.

# Технологии и производство полупроводниковых материалов группы Al<sub>1-x</sub>Bi<sub>x</sub>



ГИРЕДМЕТ  
РОСАТОМ

## ПЛАСТИНЫ Al<sub>1-x</sub>Bi<sub>x</sub>



## ПЛАСТИНЫ АНТИМОНИДА ИНДИЯ

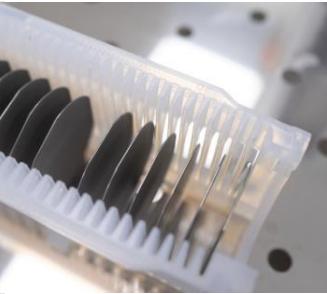
Параметры	D 50,8 мм	D 76,2 мм	D 100,0 мм
Толщина, мкм	525±25	800±25	1000±25
Изменение толщины по пластине (TTV), мкм	< 5,0	< 6,0	< 7,0
Прогиб пластины (BOW), мкм	< 5,0	< 6,0	< 7,0
Коробление пластины (WARP), мкм	< 8,0	< 9,0	< 11,0
Длина базового среза, мм	16±2	22±2	32±2
Длина маркировочного среза, мм	8±2	11±2	18±2
Фаска по стандартному профилю	Есть	Есть	есть
Откл. диаметра от номинала, мм	0,5	0,5	0,5
Шероховатость полированной поверхности раб. стороны Ra,нм	≤1,0	≤1,0	≤1,0
Ориентация поверхности	(100)	(100)	(100)
Откл. поверхности пластины от плоскости (100), град	±0,5	±0,5	±0,5
Тип и концентрация носителей заряда при 77°К, см <sup>-3</sup> :	-нелегированный -н-типа, 1,5x10 <sup>14</sup> ÷3,0x10 <sup>15</sup> -сильнолегированный -п-типа, 3,0x10 <sup>17</sup> ÷1,0x10 <sup>18</sup>		

## ПЛАСТИНЫ АРСЕНИДА ИНДИЯ

Параметры	D 50,8 мм	D 76,2 мм	D 100,0 мм
Толщина, мкм	2000(-100)	2100(-100)	2100(-100)
Изменение толщины по пластине (TTV), мкм	< 5,0	< 10,0	< 7,0
Прогиб пластины (BOW), мкм	< 5,0	< 10,0	< 7,0
Коробление пластины (WARP), мкм	< 8,0	< 10,0	< 7,0
Фаска по стандартному профилю	Есть	Есть	есть
Откл. диаметра от номинала, мм	0,5	0,5	0,5
Шероховатость полированной поверхности раб. стороны Ra,нм	≤1,0	≤1,0	≤1,0
Ориентация поверхности	(111)	(100)	(100)
Откл. поверхности пластины от плоскости (100), град	±1,5	±0,5	±0,5
Тип и концентрация носителей заряда при 77°К, см <sup>-3</sup> :	п-типа, 3,0x10 <sup>16</sup>		
При 295°К см <sup>-3</sup>	D 100,0 мм Марка ИМЭС (1,5-3,0)x10 <sup>18</sup>		



## ПЛАСТИНЫ Al<sub>1</sub>IB<sub>1</sub>V



## ПЛАСТИНЫ АРСЕНИД ГАЛЛИЯ

Параметры	D 50,8 мм	D 76,2 мм	D 100,0 мм
Толщина, мкм	525±25	800±25	1000±25
Изменение толщины по пластине (TTV), мкм	< 5,0	< 6,0	< 7,0
Прогиб пластины (BOW), мкм	< 5,0	< 6,0	< 7,0
Коробление пластины (WARP), мкм	< 8,0	< 9,0	< 11,0
Длина базового среза, мм	16±2	22±2	32±2
Длина маркировочного среза, мм	8±2	11±2	18±2
Фаска по стандартному профилю	Есть	Есть	есть
Откл. диаметра от номинала, мм	0,5	0,5	0,5
Шероховатость полированной поверхности раб. стороны Ra,нм	≤1,0	≤1,0	≤1,0
Ориентация поверхности	(100)	(100)	(100)
Откл. поверхности пластины от плоскости (100), град	±0,5	±0,5	±0,5

Тип и концентрация носителей заряда при 77°К, см<sup>-3</sup>:

- нелегированный
- сильнолегированный

п-тип, 1,5x10<sup>14</sup>÷3,0x10<sup>15</sup>  
п-тип, 3,0x10<sup>17</sup>÷1,0x10<sup>18</sup>

## ПЛАСТИНЫ АНТИМОНИДА ГАЛЛИЯ

Параметры	D 50,8 мм	D 76,2 мм	D 100,0 мм
Толщина, мкм	450±25	600±25	800±25
Изменение толщины по пластине (TTV), мкм	< 5,0	< 6,0	< 7,0
Прогиб пластины (BOW), мкм	< 5,0	< 6,0	< 7,0
Коробление пластины (WARP), мкм	< 8,0	< 9,0	< 11,0
Длина базового среза, мм	16±2	22±2	32±2
Длина маркировочного среза, мм	8±2	11±2	18±2
Фаска по стандартн. профилю	Есть	Есть	есть
Откл. диаметра от номинала, мм	0,5	0,5	0,5
Шероховатость полированной поверхности раб. стороны Ra,нм	≤1,0	≤1,0	≤1,0
Ориентация поверхности	(100)	(100)	(100)
Откл. поверхности пластины от плоскости (100), град	±0,5	±0,5	±0,5

Тип и концентрация носителей заряда при 295°К, см<sup>-3</sup>:

- нелегированный
- сильнолегированный

р-тип, ≤ 2,0x10<sup>17</sup>  
п-тип, 3,0x10<sup>17</sup>÷1,0x10<sup>18</sup>

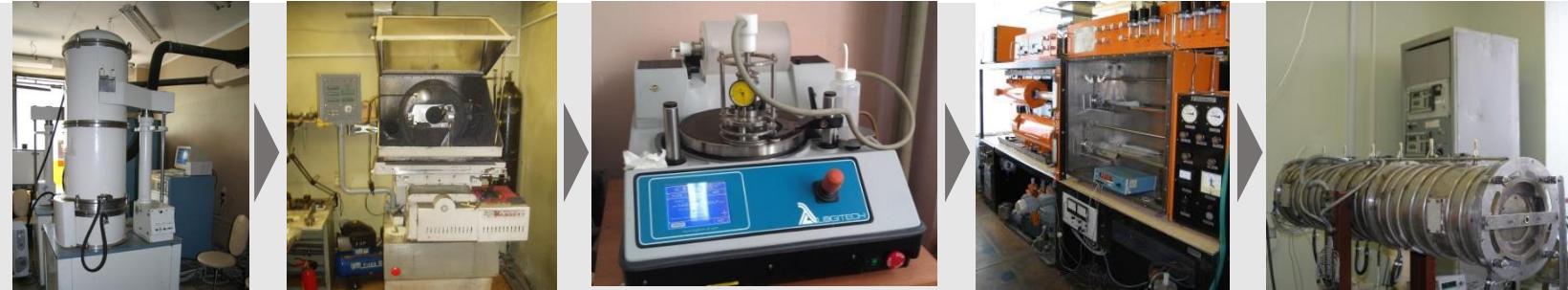
# Технологии производства полупроводниковых материалов группы AlIBVI



ГИРЕДМЕТ  
РОСАТОМ

СЛИТКИ CdZnTe  
(серийное производство)

ПОДЛОЖКИ CdZnTe  
ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ  
СТРУКТУРЫ CdHgTe  
(опытно-промышленное  
производство)



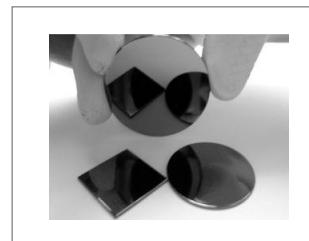
ПОДЛОЖКИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ  
ГЕТЕРОСТРУКТУР  
С ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ  
СЛОЕМ КАДМИЙ-РТУТЬ-ТЕЛЛУР,  
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТРИЧНЫХ  
ФОТОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ  
ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА СПЕКТРА

СЛИТКИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ  
ДЕТЕКТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

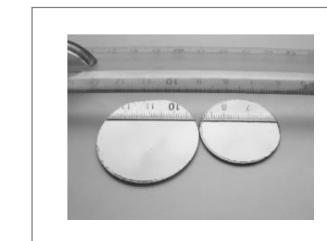
1  
тыс. см<sup>2</sup> в год  
объемы выпуска

## ПРОДУКЦИЯ

Монокристаллические подложки с кристаллографической ориентацией [111] и [211] диаметром до 55 мм с плотностью дислокаций менее  $5 \times 10^4$  см<sup>-2</sup> изготавливают из кристаллов Кадмий-Цинк-Теллур, выращенных методом Бриджмена.



ПОДЛОЖКИ КЦТ  
ТУ 1778-333/О-0198396-11



ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ  
СТРУКТУРЫ КЦТ/КРТ  
ТУ 1778-341/О-0198396-12  
ТУ 1778-342/О-0198396-12  
ТБГН.432243.001 ТУ

## Эпитаксиальная структура CdHgTe/CdZnTe

размеры рабочей поверхности, мм <sup>2</sup>	$\varnothing(30-55)$ , от 20×20 до 35×40
толщина слоя, мкм	15±5
состав, мол. доля CdTe, x	$x = 0,190 \div 0,40$
однородность состава по площади, мол. доля CdTe, $\Delta x$	$\pm 0,002$
тип электропроводности	n, p
концентрация основных носителей при 77К, см <sup>-3</sup>	$n = (1,0 \div 5,0) \cdot 10^{14}$ $p = (0,5 \div 3,0) \cdot 10^{16}$
подвижность основных носителей 77К, см <sup>2</sup> /В·с	$\mu_n \geq 1 \cdot 10^5$ $\mu_p \geq 40$
время релаксации фотопроводимости (77К), с	$\geq 3 \cdot 10^{-7}$ (n-тип, индий) $\geq 3 \cdot 10^{-8}$ (p-тип, н/л) $\geq 8 \cdot 10^{-8}$ (p-тип, золото)
плотность дислокаций, см <sup>-2</sup>	$< 5 \cdot 10^4$
Малоугловые границы, включения второй фазы	нет
Легирование	н/п (p-тип) Индий (n-тип) Золото (p-тип)

# Технология получения монокристаллов высокочистого германия (HPGe)



ГИРЕДМЕТ  
РОСАТОМ

- Высокочистый германий (HPGe):
- Для детекторов гамма-излучения и инфракрасной оптики.

Из моно- и поликристаллов германия, выращенных методом Чохральского, изготавливаются оптические изделия для инфракрасной оптики.



## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- получения высокочистого тетрахлорида германия, применяемого для получения двуокиси германия;
- получения поликристаллических зонаочищенных кристаллов, используемых при выращивании монокристаллов германия;
- получения монокристаллов для инфракрасной оптики;
- получения высокочистых монокристаллов германия для детекторов гамма излучения.



## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Nd (77 K)	$< 3 \cdot 10^{10}$	cm <sup>-3</sup>
Hall mobility $\mu$ H	>30 000	cm <sup>2</sup> /V.s
Глубокие уровни (по DLTS)	$< 5 \cdot 10^9$	cm <sup>-3</sup>
p-type : Cu	$< 1 \cdot 10^9$	
n-type : Deep level point defects		
Кристаллографическая ориентация	[100]	-

исходный Ge (6N)

Зонная очистка

Химическая и плазменная очистка

Выращивание монокристалла в среде сверхвысокочистого H<sub>2</sub>

Монокристалл HPGe

Анализ: эффект Холла, DLTS, и PTIS

# Особо чистые безводные соли металлов

~ 1500 кг\год

Производительность  
экспериментальной  
установки

**ХЛОРИД АЛЮМИНИЯ** безводный  $AlCl_3$  – **99,99(9)%**  
содержание основного вещества

Возможно масштабирование производства  
ТУ 20.13.31-092-00198396-2023



## ГАЛОГЕНИДЫ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

от десятков  
до сотен  
кг\месяц

объемы производства  
индивидуального  
вещества

Чистота получаемых веществ: **от 99.9% до 99.999%**

### Примеры успешно синтезируемых соединений:

трихлорид титана  $TiCl_3$   
гексахлорид вольфрама  $WCl_6$   
пентахлорид молибдена  $MoCl_5$   
тетрахлорид гафния  $HfCl_4$   
трихлорид лантана  $LaCl_3$   
трихлорид иттрия  $YCl_3$

трибромид лантана  $LaBr_3$   
хлорид лития  $LiCl$   
хлориды рения  $ReCl_3$  и  $ReCl_5$   
дихлорид хрома  $CrCl_2$ ,  
трихлорид скандия  $ScCl_3$   
и другие

РАЗРАБОТАНЫ ТЕХНОЛОГИИ  
И ОРГАНИЗОВАНО  
ПРОИЗВОДСТВО ОПТИЧЕСКИХ  
МАТЕРИАЛОВ ИК ОБЛАСТИ НА  
ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ  
СЕРЕБРА И ТАЛЛИЯ.

- СИНТЕЗ СОЛЕЙ
- РОСТ КРИСТАЛЛОВ
- ИЗГОТОВЛЕНИЕ  
ОПТИЧЕСКИХ  
ЭЛЕМЕНТОВ  
АЛМАЗНЫМ  
ТОЧЕНИЕМ



**МОНОКРИСТАЛЛЫ**  
галогенидов таллия  
KPC-5 (TlBr-TlI) и KPC-6 (TlCl-TlBr)



**ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
ИК-ДИАПАЗОНА**  
**Призма**  
(заготовка) из KPC-6 (TlCl-TlBr)  
**Окно**  
из KPC-5 (TlBr-TlI)  
**Светоотражающее кольцо**  
из KPC-5 (TlBr-TlI)  
**Призма**  
МНПВО из KPC-5 (TlBr-TlI)  
**Призма**  
из KPC-5 (TlBr-TlI)



**ОПТОВОЛОСКОНО  
ИК-ДИАПАЗОНА**  
в т.ч. градиентного  
**ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ  
ДЕТЕКТОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЙ

широкий диапазон спектрального пропускания 0,43-50 мкм  
диаметр до 90 мм  
волнистость поверхности (местная ошибка  $\Delta N$ ) – 0,5 мкм  
кривизна поверхности (общая ошибка  $N$ ) – 0,6 мкм

шероховатость  
 $Ra$  – 0,01 мкм,  $Rz$  – 0,05 мкм  
высокая радиационная устойчивость  
низкое поглощение ИК-излучения  
низкие оптические потери  
негигроскопичны  
не требуют защитных покрытий на воздухе

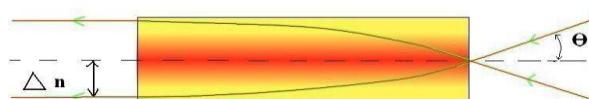
Монокристаллы твердых растворов  $TlCl$  -  $TlBr$  и  $TlBr$  -  $TlI$  переменного состава для плоских линз и для градиентного оптического волокна



## ГРАДИЕНТНЫЕ КРИСТАЛЛЫ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ

- **ДЛЯ ФОКУСИРОВАНИЯ  
ИК ИЗЛУЧЕНИЯ**
- **ДЛЯ ГРАДИЕНТНЫХ  
ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ  
ИК СВЕТОВОДОВ**

**Ø 0,1** ВЕЛИЧИНА ПЕРЕПАДА  
ПОКАЗАТЕЛЯ  
ПРЕЛОМЛЕНИЯ



РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛУЧЕЙ В ГРАДАНЕ ДЛИНОЙ  $\frac{1}{4} L$

## КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

- Улучшенное качество изображения ввиду сведения aberrаций к минимуму благодаря градиенту;
- Уменьшение радиуса кривизны (габаритов) оптических элементов благодаря высокому показателю преломления;
- Возможность создания многоканальных приборов, работающих в диапазоне от 0,4 до 50 мкм (от видимого до дальнего ИК).



ОПТИЧЕСКИЕ  
ЗАГОТОВКИ



КРИСТАЛЛ  
ЭЛЕМЕНТ КПС-5

## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Область спектрального пропускания	0,4 - 50 мкм
Коэффициент спектрального пропускания	на длине волны 0,63 мкм: 55 - 65 % в диапазоне длин волн 2,5 - 25 мкм: 68 - 70 %
Коэффициент поглощения лазерного излучения	на длине волны 5-6 и 10,6 мкм, см <sup>-1</sup> : не более $5 \times 10^{-4}$
Размеры градиентных элементов	диаметр до 30 мм, длина до 30 мм
Диаметр фокального пятна	10 - 12 мкм
Числовая апертура	$NA = \sin \theta: 0,4 - 0,6$
Максимальная разность показателя преломления	$\Delta n: 0,1 - 0,09$
Радиальное распределение показателя преломления	параболическое
Размеры градиентных заготовок для волоконных световодов	диаметр : 1 - 15 мм, длина: 30 - 80 мм

Для производителей спектрального измерительного оборудования необходимы волокна, работающие в ближней и средней ИК-области спектра. Применение в качестве основного светопроводящего материала твердых растворов галогенидов серебра и одновалентного таллия позволяет получать рабочий диапазон зонда 3-30 мкм.



**ОБОЛОЧЕЧНЫЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ  
ВОЛОКНА ИЗ ГАЛОГЕНИДОВ СЕРЕБРА И ТАЛЛИЯ,  
ПРОЗРАЧНЫХ В ДИАПАЗОНЕ 0,6-30 МКМ,  
ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ИЗ СБОРОК ТИПА  
«СЕРДЦЕВИНА-ОБОЛОЧКА»,  
С УЛУЧШЕННЫМИ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ  
СВОЙСТВАМИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ  
ИНФРАКРАСНОЙ ТЕХНИКИ И СПЕЦИАЛЬНОЙ  
ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ**



## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Область спектрального пропускания, мкм	4,0 - 18,0
Оптические потери на длине волны 10,6 мкм, дБ/м	0,1 - 0,6
Максимальная вводимая мощность излучения, Вт	20
Коэффициент пропускания, %	60 - 70
Числовая апертура, ( NA )	0,2 - 0,3
Радиус изгиба, мм	менее 50
Диаметр светопроводящей сердцевины / оболочки, мкм	450/500 ,900/1000

**Изготовление поликристаллических волоконных световодов методом экструзии из сборок типа «сердцевина-оболочка», при котором кристаллическая заготовка в пластическом состоянии продавливается через полированную фильтру.**

## ЛИНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНА

- Подготовка сердцевины и оболочки проводится механической обработкой до получения поверхности оптического качества;
- Процесс экструзии волокна проводится на прессовом оборудовании – электрической испытательной машине FUDLC 200 кН, модифицированной специальной оснасткой для экструзии;
- Применение электромеханической испытательной машины, обеспечивает проведение процессов с тонко контролируемыми параметрами в безмасляной атмосфере.

# Технологии получения монокристаллических сцинтилляторов на основе РЗМ для детектирования гамма-излучения



ГИРЕДМЕТ  
РОСАТОМ

- Сцинтилляционные материалы:
- Монокристаллы LYSO:Ce для ПЭТ-томографов



ИНСТИТУТ ОСВОИЛ ТЕХНОЛОГИЮ  
ВЫРАЩИВАНИЯ ОСОБО КРУПНЫХ КРИСТАЛЛОВ  
ОРТОСИЛИКАТА ЛЮТЕЦИЯ, АКТИВИРОВАННОГО  
ЦЕРИЯ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ ДОБИТЬСЯ СНИЖЕНИЯ  
СТОИМОСТИ ЕДИНИЧНЫХ ПИКСЕЛЕЙ ПОСЛЕ  
РЕЗКИ КРИСТАЛЛА.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИСТАЛЛОВ

Световыход ( $>2 \cdot 10^4$  ph/MeV)  
Время затухания  $< 40$  ns  
Время нарастания  $<500$  ps  
Высокая плотность  $> 7$  g/cm<sup>3</sup>  
Большое Zэфф = 66

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Участок выращивания кристаллов LYSO
- Участок резки, шлифовки и полировки
- Участок матричных сборок LYSO



**2**  
кристалла  
в месяц  
объемы выпуска

**75**  
мм  
диаметр

**5**  
кг  
вес

**15**  
см  
высота

# Средства индивидуальной и коллективной защиты от ионизирующего излучения



**Фартук ФРЗ - 150**  
ТУ 14.12.30-002-07625358-2022



**Материал МРЗ - 150**  
ТУ 14.12.30-059-07625358-2022



**Жилет ЖРЗ - 150**  
ТУ 14.12.30-059-07625358-2022



**Камерные перчатки КРЗП-20**  
ТУ 14.12.30-001-07625358-2022



**Камерные перчатки КРЗП-15**  
ТУ 14.12.30-001-07625358-2022



**Камерные перчатки КРЗП-5**  
ТУ 14.12.30-001-07625358-2022



**Перчатки РЗП-5**  
ТУ 14.12.30-003-07625358-2022

## КЛЮЧЕВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ОСОБЕННОСТИ:

- Снижение дозовой нагрузки на персонал при работе с широким спектром излучений
- Не содержат свинец. Упрощенная утилизация
- Поглотители на основе порошков вольфрама и олова с покрытием из соединений РЗМ
- Бесшовная конструкция, легкий вес, герметичность, стойкость к химическим средам и температурам
- Дезактивируемый наружный слой
- Изготовление по техническим заданиям заказчика

## СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

$\approx 6000$   $\approx 10000$

комплектов камерных  
перчаток в год

метров листового  
защитного материала в год

Новый порошковый композиционный материал и уникальный метод нанесения покрытия обеспечивают лучшие показатели стойкости к разрушающему влиянию радиации и кратно ослабляют воздействие ионизирующего излучения на человека.

## ПРИМЕНЕНИЕ



Предприятия по наработке  
различных источников  
радиационного излучения



АЭС



Ядерная  
медицина



Предприятия, связанные  
с переработкой, хранением  
и захоронением отработанного  
ядерного топлива

## ЗАКАЗЧИКИ



ТВЭЛ  
РОСАТОМ



СХК  
РОСАТОМ



ГХК  
РОСАТОМ

## АНАЛИЗ ИСПЫТАНИЯ СЕРТИФИКАЦИЯ



### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Высокочистые вещества
- РМ, РЗМ и драгоценные металлы
- Минеральное и вторичное сырье
- Полупроводники, сверхпроводники
- Наноматериалы и др.

### ПРЕИМУЩЕСТВА ЦЕНТРА

- Высокая компетентность в сфере анализа и сертификации высокочистых веществ
- Более 200 аттестованных методик анализа
- Уникальное масс-спектральное оборудование для химического и изотопного анализа
- Премия «Серебряный моль» (2011) как лучшая лаборатория России

### НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

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

# УНИКАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ

- разработка химических технологий
- материаловедческие исследования
- конструирование опытного и промышленного оборудования
- изготовление установок

