



Изготовление и рециклинг пластин арсенида галлия GaAs





Основные направления и сфера деятельности - разработка и производство электронной компонентной базы СВЧ-техники на основе материалов A_3B_5 .

Другие направления деятельности предприятия:

- ✓ разработка и производство оптоэлектронных компонентов и модулей;
- ✓ изготовление подложек арсенида галлия стандарта «epi-ready» и рециклинг пластин, МОС-гидридной эпитаксия структур слоев на основе A_3B_5 , квазиимпульсный отжиг структур в вакууме в остаточной атмосфере водорода, кислорода, арсина, азота;
- ✓ разработка изделий сенсорной техники;
- ✓ разработка и изготовление медицинской техники;
- ✓ изготовление фотошаблонов, электрохимическое нанесение покрытий, металлообработка и изготовление металлоконструкций и др..

Изготовление пластин арсенида галлия GaAs

Мы изготавливаем пластины арсенида галлия GaAs по технологии epi-ready с использованием технологии и химических составов корпорации Fujimi (Япония),



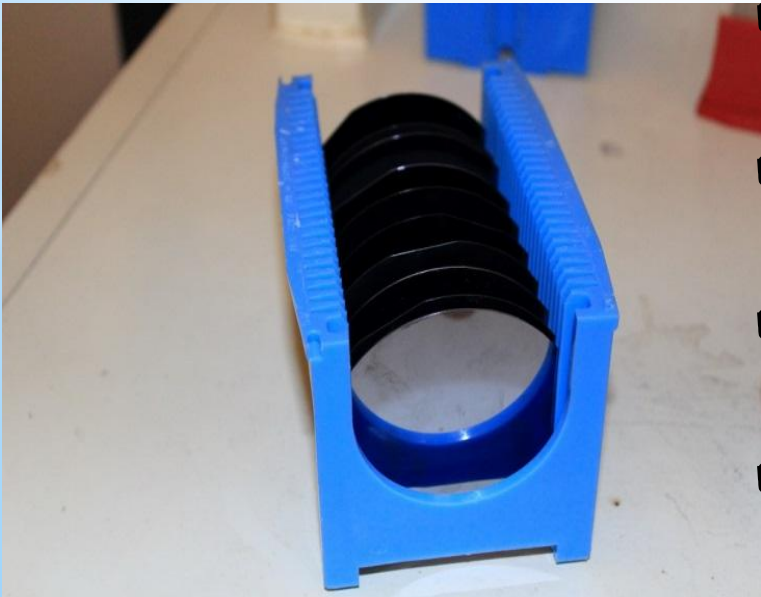
а также оказываем услуги по восстановлению (реставрации, рециклинг) бывших в использовании пластин.

Область применения пластин GaAs



2018-4-4 13:56

- ✓ Производство дискретных приборов и интегральных схем СВЧ-диапазона,
- ✓ дискретных и матричных фотоприемников,
- ✓ светодиодов, фотокатодов,
- ✓ преобразователей солнечной энергии,
- ✓ детекторов ионизирующих излучений,
- ✓ оптических изделий для ввода-вывода,
- ✓ фокусировки и модуляции ИК-излучения и др.



Характеристики пластин GaAs

Метод выращивания	LEC и VGF
Диаметр, мм	50,8+/-0,3 и 76,2+/-0,3
Удельное сопротивление, Ом*см	$> 1 \cdot 10^7$
Подвижность, cm^2/VS	≥ 4500
Плотность дислокаций, cm^{-2}	$\leq 1 \cdot 10^5$
Тип проводимости	N - тип, P – тип
Легирующая примесь	по заказу
Тип материала	полуизолирующий/полупроводящий
Кристаллографическая ориентация	(100), (111), (110), (211), (310), по заказу
Разориентация	от 0° до 10°
Толщина	по заказу
Упаковка	Индивидуальный контейнер в вакуумной упаковке
Ориентировочная стоимость пластин GaAs	50,8 мм - 110...130 у.е., 76,2 мм - 190...210 у.е.

Рециклинг пластин GaAs

Рециклинг - восстановления пластин GaAs на собственном технологическом участке, позволяющее повторное их использование.

Технологический процесс рециклинга заключается в:

- ✓ сортировке пластин по видам дефектов, глубине нарушений, толщине;
- ✓ очистке и химической обработке поверхности;
- ✓ удалению нарушенных слоёв химико-механической полировкой;
- ✓ упаковке в индивидуальные контейнеры.

Если количество восстановленных пластин недостаточно, может быть дополнительно изготовлено недостающее количество пластин с соответствующими характеристиками.



Результаты сравнительных исследований пластин GaAs с зарубежными аналогами



Исследования проводились:

- ✓ Научно-исследовательской лабораторией молекулярно-лучевой эпитаксии и нанолитографии НИЯУ МИФИ 04/2017 г
- ✓ ИНСТИТУТОМ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ИМ. А.В. РЖАНОВА г. Новосибирск 07/2017
- ✓ Лабораторией функциональной электроники Томского Государственного университета, 08/2017 г.
- ✓ Акционерным обществом "Научно-производственное предприятие "Исток" имени А.И. Шокина", 12/2014 г.

Методы исследования

Были выращены тестовые эпитаксиальные структуры и проведены следующие исследования:

- ✓ измерения дефектности пластин на Surfscan 6220;
- ✓ АСМ исследования морфологии поверхности;
- ✓ фотолюминисценция тестовых структур p-hemt ;
- ✓ электронные транспортные свойства на меза-структурах;
- ✓ распределение концентрации носителей заряда (электронов) методом сканирования пропускания ИК-излучения с энергией квантов 0,07 эВ;
- ✓ измерялись кривые дифракционного отражения (КДО) вблизи рефлекса (004) GaAs на установке Rigaku Ultima, Ка линия Cu.

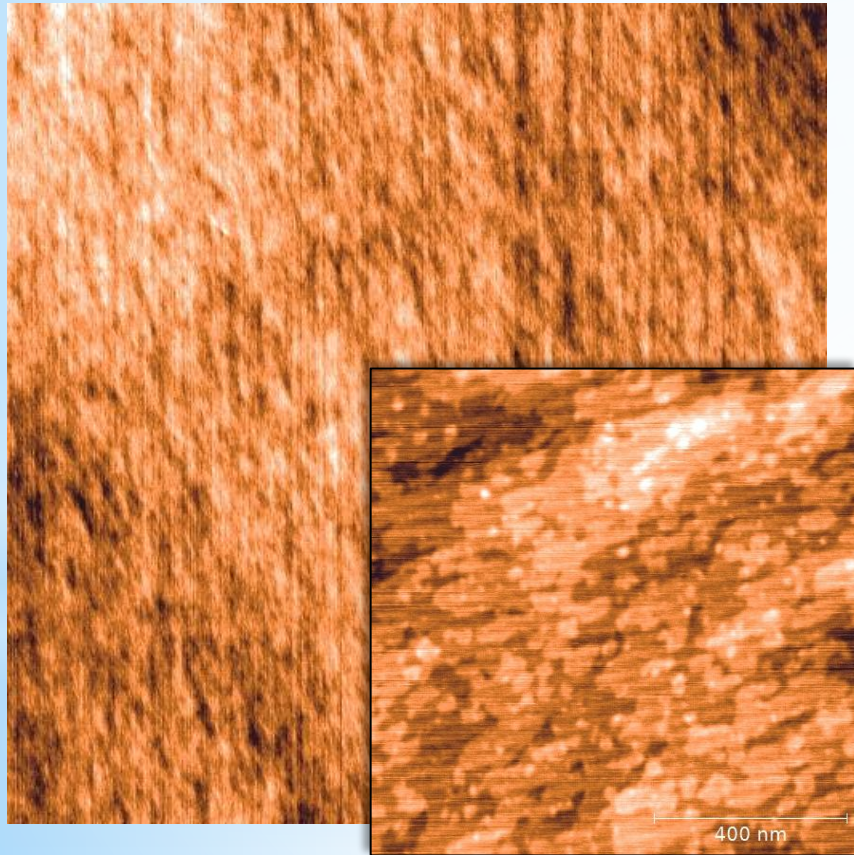
Измерения дефектности пластин на Surfscan 6220.

Размеры дефектов, мкм	Плотность дефектов, шт/см ²
0,2...1,6	224
1,6...25	2,86
25...63	0

ОАО «НПП «Исток» им. Шокина», Фрязино.

Сравнение АСМ структур phemt

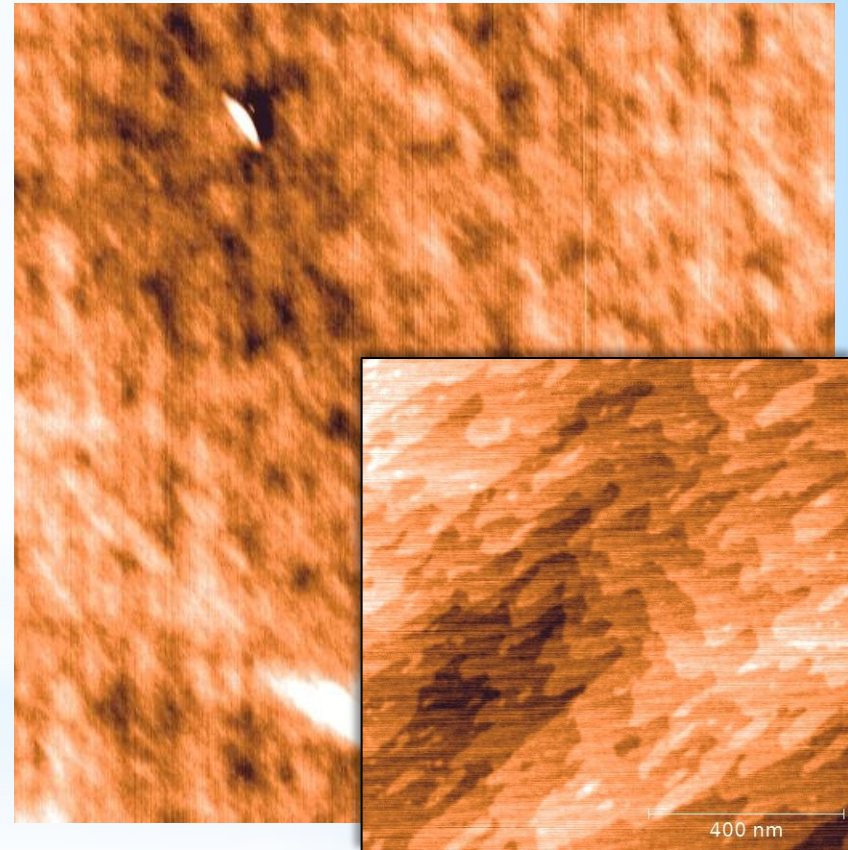
Пластина *Wafer technology*



20x20мкм
rms=0,363мкм

1x1мкм
rms=0,223мкм

Пластина *МИНИИРМ*

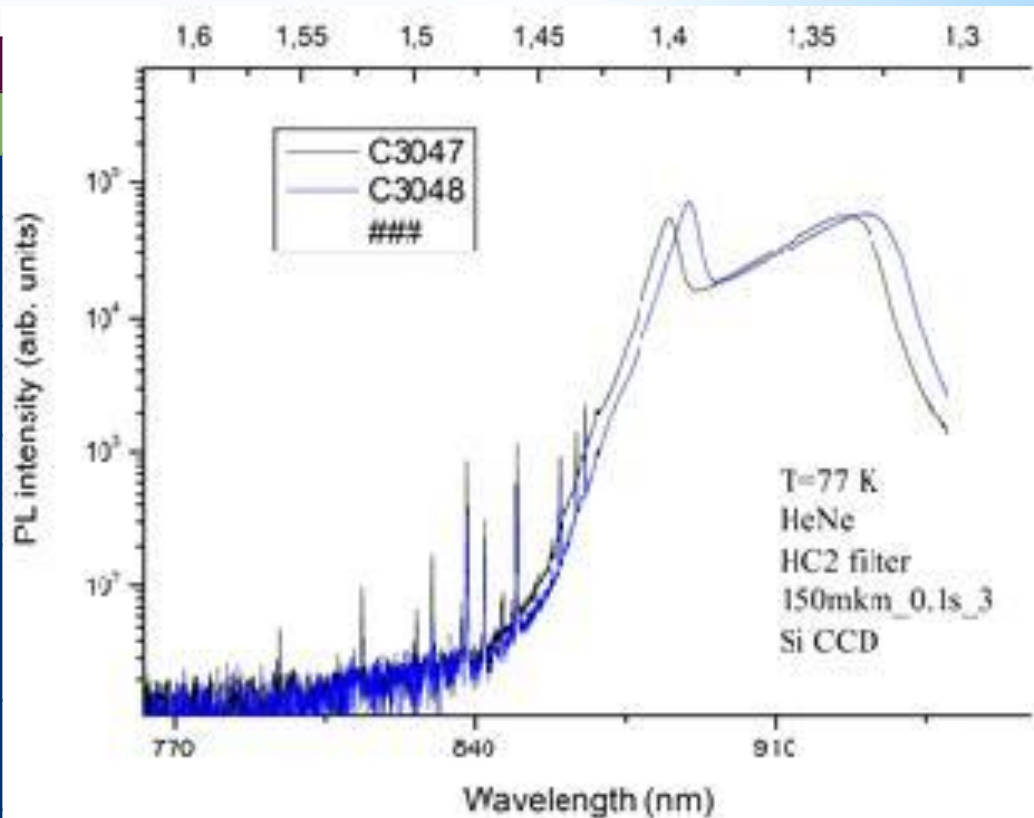


20x20мкм
rms=0,488мкм

1x1мкм
rms=0,310мкм

Данные фотолюминесценции

8	n-GaAs		15 нм
7	n-Al _x Ga _{1-x} As	0.23	25 нм
6	n ⁺ -Al _x Ga _{1-x} As	0.23	13 нм
5	Спейсер Al _x Ga _{1-x} As	0.23	3.5 нм
4	Канал In _y Ga _{1-y} As	0.16-0.17	12 нм
3	Буферный слой GaAs		300 нм
2	Сверхрешётка AlAs/GaAs (x20)	1.0/0.0	2 нм/2 нм
1	Буферный слой GaAs		100 нм
0	Полуизолирующая GaAs подложка		~ 400 мкм



	Концентрация носителей, $n_s \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$		Подвижность носителей, $\mu \text{ cm}^2/\text{Vs}$	
	T = 300 K	T = 77 K	T = 300 K	T = 77 K
Подложки Wt 3047	1,89	1,98	6720	30620
Подложки МНИИРМ 3048	1,92	2,04	6860	29360

Электронные транспортные свойства

i- GaAs	8 нм
n-Al _{0.25} Ga _{0.75} As	20 нм
δ-Si	
Al _{0.25} Ga _{0.75} As (спейсер)	5.3 нм
In _{0.2} Ga _{0.8} As	10.5 нм
GaAs (буфер 2)	0.33 мкм
Al _{0.25} Ga _{0.75} As/GaAs СР	25 нм
GaAs (буфер 1)	43 нм
(100) GaAs (подложка)	

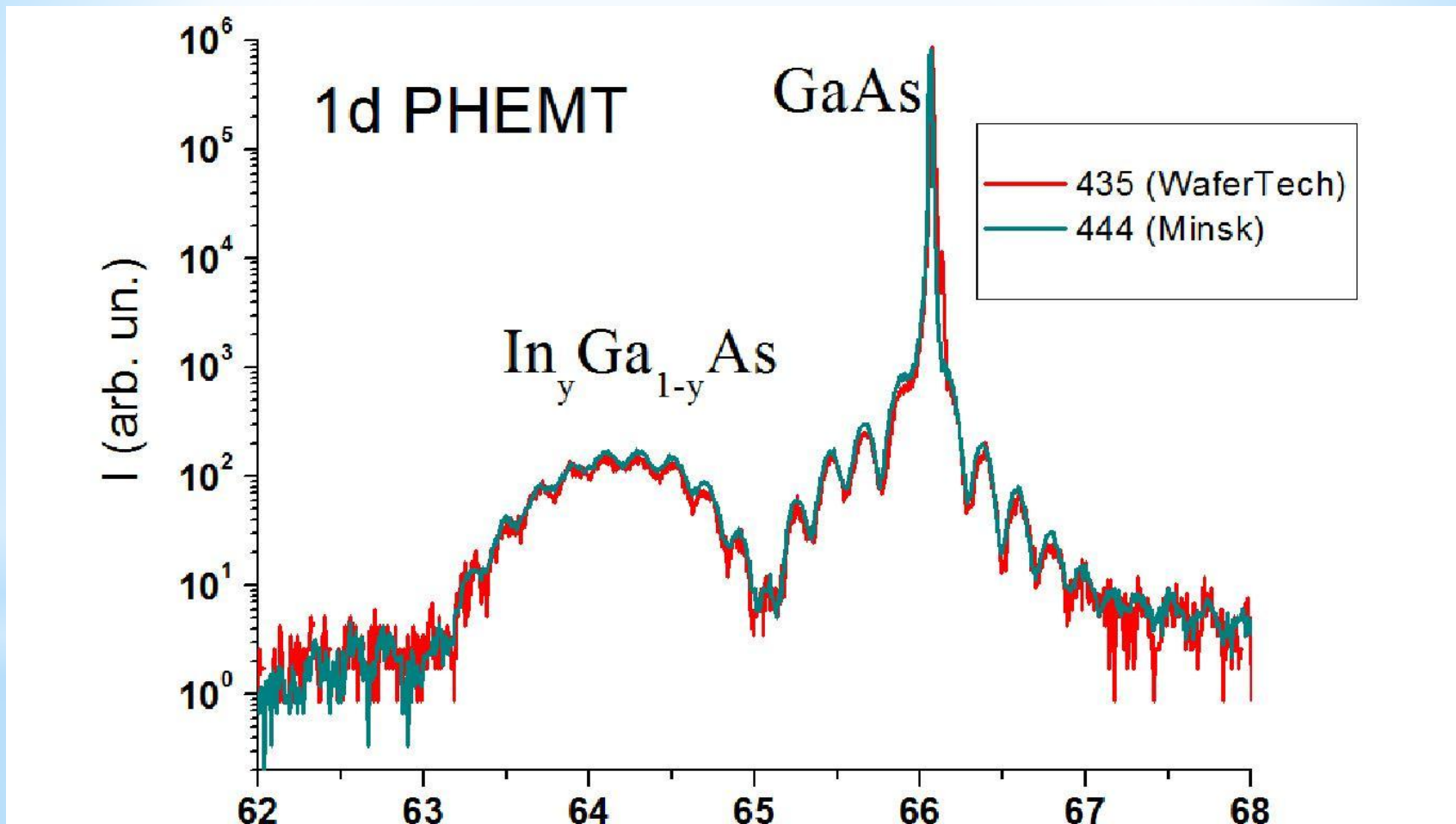
Электронные транспортные свойства исследовались на меза-структурах, сделанных при помощи фотолитографии в форме квадратов с вынесенными контактными площадками. Измерения удельного сопротивления и эффекта Холла проводились четырехконтактным способом в геометрии Ван-дер Пау на установке Escoria HMS 5000 при температурах 300 К и 77 К.

Измерения проведены на 3-х меза-структурах и усреднены. Различие параметров на меза-структурах не превышает 0,5%.

№ образца	Тип образца	T=300°K, n, 10 ¹² , см ⁻²	T=300°K, m, см ² /(В·с)	T=77°K, n, 10 ¹² см ⁻²	T=77°K, m, см ² /(В·с)
WT	PHEMT	2.02	7500	1.88	29270
МНИИРМ	PHEMT	2.02	7440	1.88	27450

Спектр рентгеновской дифракции

Измерялись кривые дифракционного отражения (КДО) вблизи рефлекса (004) GaAs на установке Rigaku Ultima, Ка линия Cu

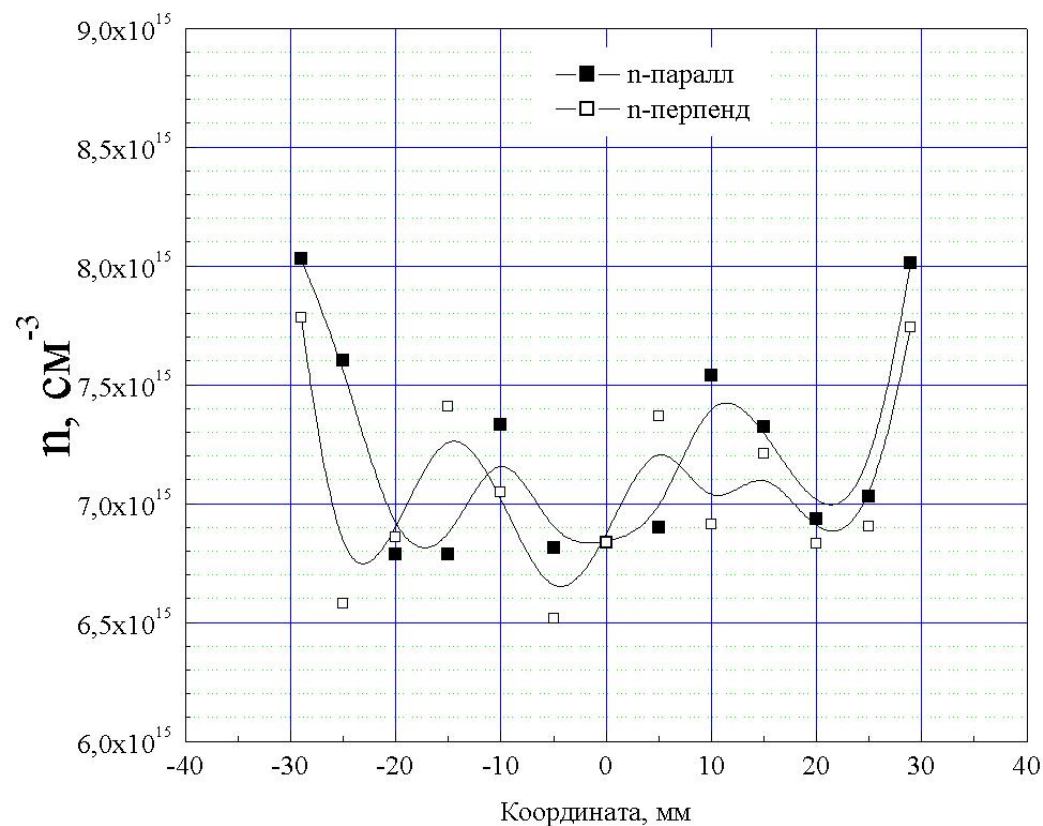


Оба образца демонстрируют хорошее совпадение КДО, не зависящее от типа используемой подложки.

Распределение концентрации носителей заряда (электронов) методом сканирования пропускания ИК-излучения с энергией квантов 0,07 эВ

08.08.2017 14:47:13

GaAs-Минск-2017. Нелегированный материал.
Измерения на ФСМ1201П Тестер-автомат
 $h\nu=0.07\text{эВ}(564,5)$, $S=4\times 4\text{мм}$, $R=0.3$ $n=3,4$



Результаты следующие:

- сигма: $(6,7-8,3) \cdot 10^{-9}$;
- концентрация электронов: $(6,5-8,1) \cdot 10^7$
- постоянная Холла: $(7,5-10,1) \cdot 10^{11}$;
- Холловская подвижность: 5600-6800.

Результаты исследований

Проведенный анализ пластин показал:

1. подложки производства ОАО "Минский НИИ радиоматериалов", не уступают по качеству импортным подложкам Wafer Technology, и пригодны для выращивания высококачественных гетероструктур для СВЧ электроники.
2. Тестовая структура, выращенная на пластине, изготовленной в ОАО "Минский НИИ радиоматериалов" по электрофизическим параметрам удовлетворяет нормам ТУ на рНЕМТ, по дефектности находятся в верхнем допустимом пределе.

Технология изготовления пластин GaAs



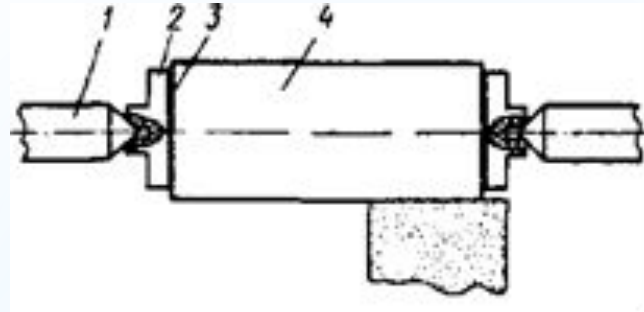
Применяется три основных метода выращивания кристаллов:

- горизонтальная или вертикальная плавка по методу Бриджмена;
- горизонтальное или вертикальное градиентное затвердевание;
- метод вытягивания по Чохральскому - вытягивание кристаллов из расплава, заключенного в оболочку, при низком или высоком давлении (LEC).



Установка SG15/25 с 3-мя зонами выращивания кристаллов, автоматизированными процессами

Слиток калибруют по диаметру, ориентируют по торцу и направлению базового среза, изготавливают базовый и дополнительные срезы



Закрепление полупроводникового слитка на калибровке:

1 - центр станка, 2 - текстолитовый центр, приклеенный к слитку, 3 - мастика, 4- слиток.



Установка для калибровки слитков, Jones-Shipman 1305.



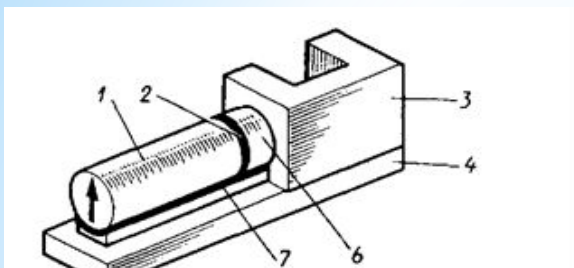
Установка для изготовления срезов, Jones-Shipman 1400.

Для определения кристаллографического направления, вдоль которого должен быть расположен базовый срез, а также значения и направления отклонения плоскости торца слитка от заданной кристаллографической плоскости, используют рентгеновский дифрактометрический метод.



Оборудование для кристаллографической ориентации монокристаллов, рентгеновская установка CS 26 и ДРОН 3

Резание слитка проводят алмазными кругами с внутренней режущей кромкой (АКВР). Слиток с ориентированной осью закрепляют базовым срезом к оправке с помощью специальной клеящей мастики.



Крепление слитка к оправкам торцовой и цилиндрической: 1 – слиток, 2 - клеящая мастика, 3,4- основание и корпус оправки, 5 - стрелка-указатель ориентации, 6, 7 - текстолитовая (деревянная) и графитовая подложки



Установки для резки слитков/ростовых затравок STC-155 и Mikroslice-4

Скругление краев пластин для предотвращения появления на пластине сколов и трещин

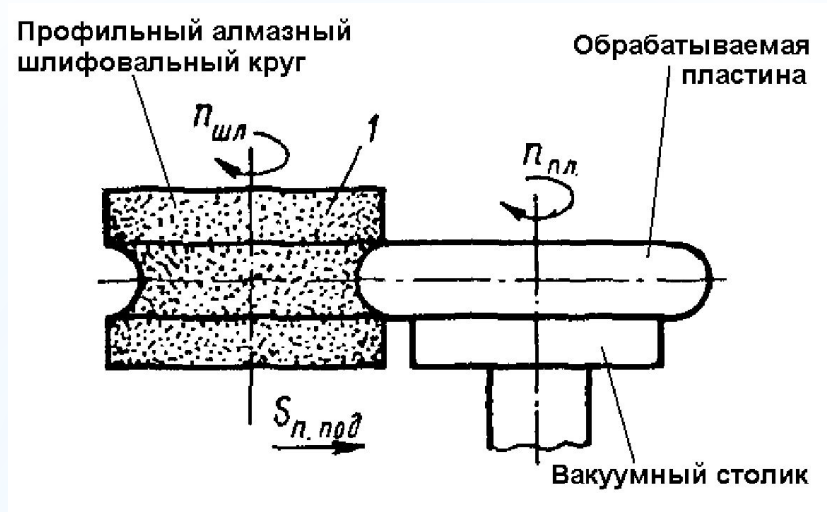


Схема снятия фаски по периметру подложки



Установка для снятия фаски, SVG 8614-G.

Двухсторонняя шлифовка свободным абразивом. Назначение данной операции - удаление механически нарушенного слоя. Она позволяет уменьшить прогибы пластин, связанные с деформацией кромки алмазного диска при резке, и обеспечить наименьшую разницу в толщинах.

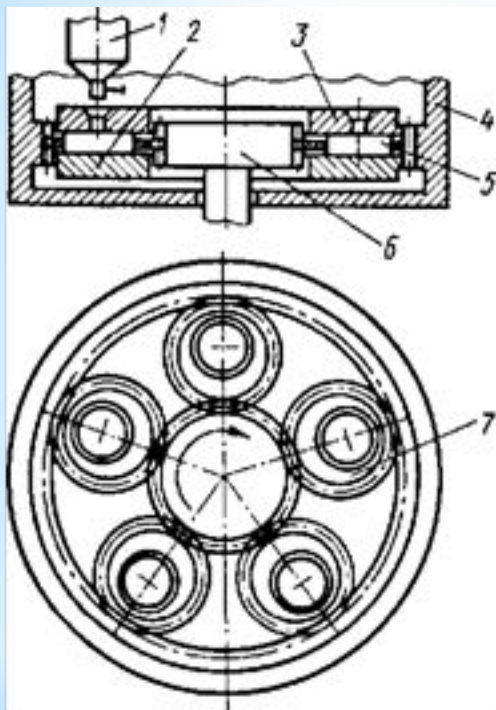


Схема двусторонней шлифовки свободным абразивом: 1 - дозатор, 2,3- нижний и верхний шлифовальники, 4 – внешний венец, 5 - пластины, 6 - центральная шестерня, 7 – сепараторы



Станок для шлифовки пластин, A10, Peter Walters.

Двухсторонняя предварительная химико-механическая полировка пластин.
Данная операция предназначена для удаления механически нарушенного слоя с поверхности пластин, выведения пластин на номинальную толщину и повышения класса чистоты поверхности



Установка полирования пластин, Аю, Германия

Финишная химико-механическая полировка пластин,
предназначенная для удаления остаточного оксидного слоя, а также для выравнивания микрорельефа поверхности пластин;



Между перечисленными выше основными технологическими стадиями присутствуют операции по химической обработке, травлению, промывке и сушке пластин.



Установки отмывки пластин, SemiTool, США.

Заключительными этапами технологического процесса являются: контроль параметров готовых пластин и упаковка.

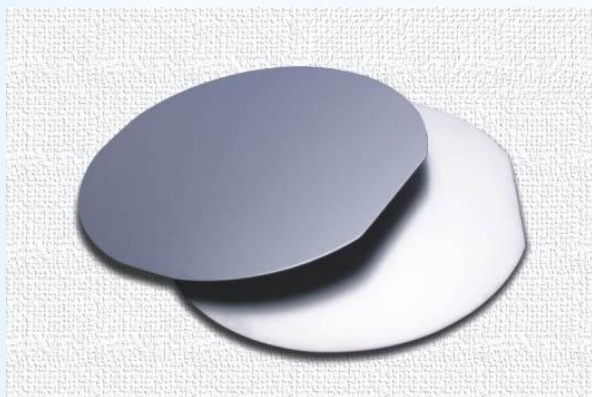


Микроскоп Nikon с призмой Камарского.
Прибор контроля толщины пластины,
Sonogage 200.

Интерферометр Malvern, M 15000.



Каждая пластина упакована в полупрозрачную разъемную коробку, соответствующую диаметру и обеспечивающую закрепление пластин внутри коробки. Каждая коробка с пластиной помещена в упаковочный пакет из полиэтиленовой пленки с последующей вакуумной откачкой и запайкой. Последующая упаковка осуществляется во второй пакет, заполненный азотом и герметически запаянный.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ