

# **Кремниевые подложки интегральных схем**

Практическое занятие №2  
по курсу ФХОМиНЭ

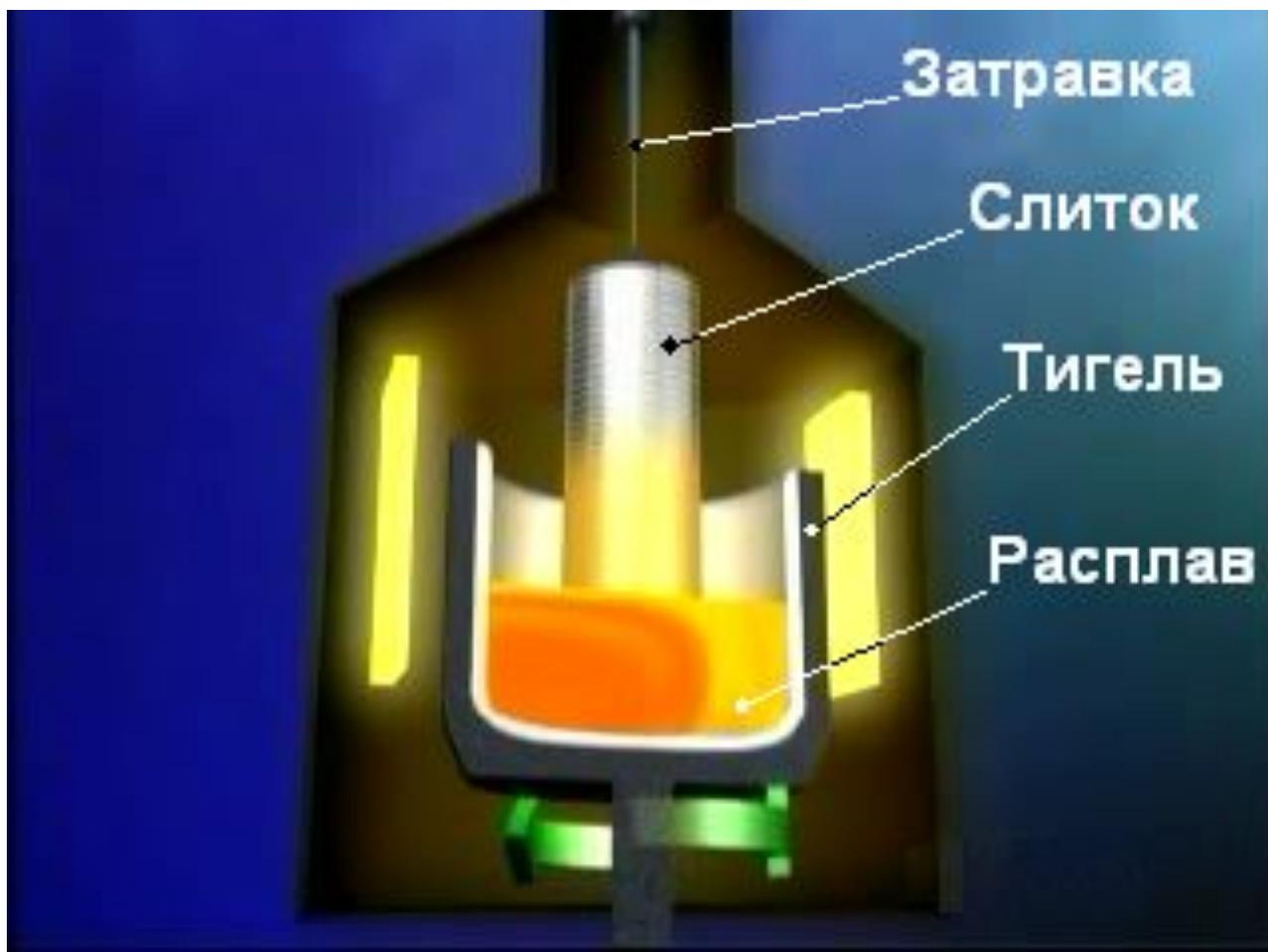
# ***Получение монокристаллического кремния***

- 1. Получение металлургического кремния;***
- 2. Синтез трихлорсилана;***
- 3. Получение электронного кремния;***
- 4. Выращивание монокристаллов.***

# **Выращивание монокристаллов**

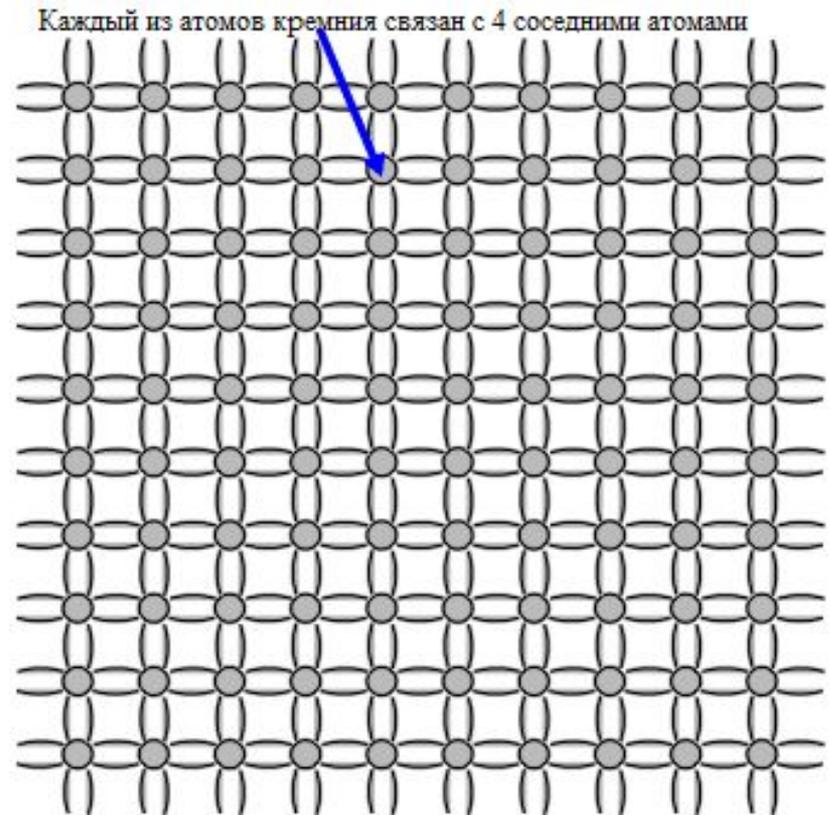
**Осуществляется вытягиванием слитков из расплава**

**электронного кремния по методу Чохральского.**



# Монокристаллический кремний

- Монокристаллический кремний имеет упорядоченную кристаллическую структуру, в которой каждый атом находится в точно определенном месте.
- Поведение кристаллического кремния хорошо предсказуемо, однако, из-за медленности и сложности процесса производства он является самым дорогостоящим видом кремния.
- Упорядоченное расположение атомов кремния в монокристаллической решетке кремния создает четкую зонную структуру.



# Установка и получаемые по методу Чохральского слитки кремния

*Czochralski  
(моно)*



# Элементы с полупроводниковыми свойствами

- На фрагменте периодической таблицы элементов наиболее распространенные полупроводниковые материалы выделены синим. Полупроводниками могут быть или отдельные элементы, например, кремний или германий, соединения, например, GaAs, InP и CdTe, или сплавы, как, например,  $\text{Si}_x\text{Ge}_{(1-x)}$  и  $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$  где  $x$  - это доля элемента, изменяющаяся

						VIIIA	
						2 He 4.003	
		IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	
		5	6	7	8	9	10
		B	C	N	O	F	Ne
		10.811	12.011	14.007	15.999	18.998	20.183
		13	14	15	16	17	18
IB	IIB	Al	Si	P	S	Cl	Ar
		26.982	28.086	30.974	32.064	35.453	39.948
29	30	31	32	33	34	35	36
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
63.54	65.37	69.72	72.59	74.922	78.96	79.909	83.80
47	48	49	50	51	52	53	54
Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
107.870	112.40	114.82	118.69	121.75	127.60	126.904	131.30
79	80	81	82	83	84	85	86
Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
196.967	200.59	204.37	207.19	208.980	(210)	(210)	(222)

# Главное свойство полупроводников

Ковалентная связь между атомами является причиной того, что электроны существуют в кристалле в двух состояниях: ***связанном либо свободном.***

В связанном состоянии энергия электрона минимальна. Однако, если электрон получит достаточно энергии, чтобы разорвать связь, он станет свободным. Электрон может находиться либо в состоянии с более низкой энергией, образуя связь, либо получить определенное минимальное количество энергии, чтобы разорвать связь и стать свободным. Эта минимальная энергия называется ***энергией запрещенной зоны полупроводника.***

Количество и энергия свободных электронов - основа микроэлектроники.

Место, оставленное электроном, позволяет оборванной ковалентной связи перемещаться от одного электрона к другому. Это движение можно представить, как движение положительного заряда по решетке. Само пустое место обычно называют ***дыркой.*** Дырка - такой же носитель, как и электрон, только с положительным зарядом.

# Главное свойство полупроводников

- Когда электрон оказывается в зоне проводимости, он может свободно двигаться по полупроводнику. В то же время, после электрона, перешедшего в зону проводимости, остается свободное место. Его может занять электрон соседнего атома, оставляя в свою очередь пустое место за собой. Последовательное движение электронной вакансии, которую называют "**дыркой**", можно представить, как движение положительно заряженной частицы по кристаллической решетке. Таким образом, перемещение электрона в зону проводимости приводит не только к электронной проводимости, но еще и к дырочной.
- И электроны и дырки могут участвовать в проводимости. Их называют "**носители**". Движение "дырки" можно представить, как движение пузырька воздуха в жидкости. Не смотря на то, что движется на самом деле жидкость, движение пузырька легче описать, как-будто он сам движется в противоположном направлении.

# Ширина запрещённой зоны

- **Ширина запрещенной зоны** полупроводника - это минимальная энергия, необходимая для того, чтобы переместить электрон из связанного состояния в свободное, в котором он может участвовать в проводимости. Более низкий уровень энергии связанного электрона называется "**валентной зоной**" ( $E_v$ ), а уровень энергии, при котором электрон считается свободным, "**зона проводимости**" ( $E_c$ ).  
**Запрещенная зона ( $E_g$ )** - это расстояние между зоной проводимости и валентной зоной.
- Когда электрон оказывается в зоне проводимости, он может свободно двигаться по полупроводнику. В то же время, после электрона, перешедшего в зону проводимости, остается свободное место. Его может занять электрон соседнего атома, оставляя в свою очередь пустое место за собой. Последовательное движение электронной вакансии, которую называют "**дыркой**", можно представить, как движение положительно заряженной частицы по кристаллической решетке. Таким образом, перемещение электрона в зону проводимости приводит не только к **электронной** проводимости, но еще и к **дырочной**.
- И электроны и дырки могут участвовать в проводимости. Их называют "**носители**".

# Собственная концентрация носителей

- Тепловое возбуждение электронов из валентной зоны в зону проводимости создает свободные носители в обеих зонах. Концентрация этих носителей называется **собственной концентрацией** и обозначается  $n_i$ . Полупроводниковый материал, не имеющий примесей для изменения концентрации носителей, называется **собственным**.
- Собственная концентрация носителей - это число электронов в зоне проводимости или число дырок в валентной зоне собственного полупроводника. Число носителей зависит от ширины запрещенной зоны материала и его температуры. Чем больше запрещенная зона, тем сложнее электронам преодолеть ее в результате теплового возбуждения. Поэтому в материалах с широкой запрещенной зоной концентрация собственных носителей ниже чем в материалах с низкой запрещенной зоной. С другой стороны увеличение температуры делает переход электронов в зону проводимости более вероятным, что увеличивает собственную концентрацию носителей.
- В собственном полупроводнике при любой температуре число электронов равно числу дырок.

# Температурная зависимость собственной концентрации носителей

Общепринятое значение собственной концентрации носителей в кремнии при 300 К равно  $1.01 \times 10^{10} \text{ см}^{-3}$ . Ранее использовалось значение  $1.45 \times 10^{10} \text{ см}^{-3}$ . Эмпирическую зависимость, полученная для температур в пределах 275 К - 375К можно записать так:

$$n_i = 9.38 \times 10^{19} \left( \frac{T}{300} \right)^2 \exp \left( -\frac{6884}{T} \right)$$

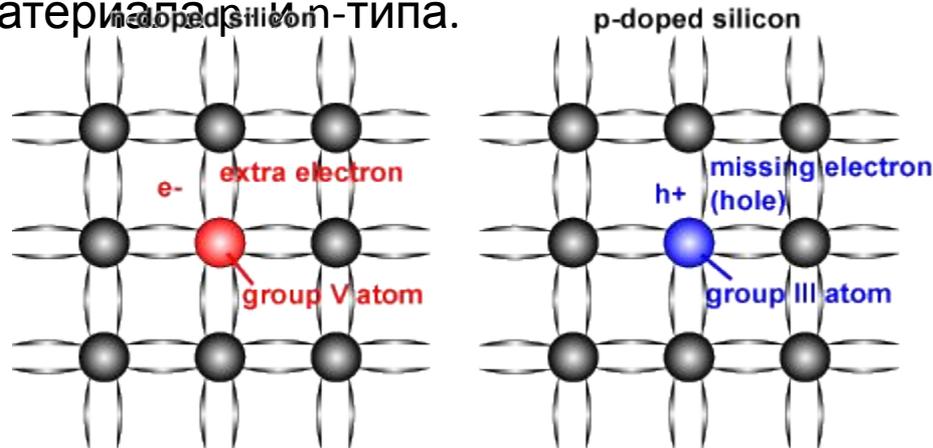
где:

температура,  $T$  в градусах Кельвина,  
собственная концентрация носителей,  $n_i$  в  $\text{см}^{-3}$

В то время, как собственная концентрация носителей обычно приводится для температуры 300 К, солнечные элементы измеряют при 25°C, и при этой температуре собственная концентрация носителей становится равной  $8.6 \times 10^9 \text{ см}^{-3}$ .

# Легирование

- Нелегированный (собственный) кремний редко используется в электронной промышленности. Почти всегда при изготовлении приборов кремний легируется примесями.
- Баланс электронов и дырок в кристалле кремния можно нарушить с помощью его легирования другими атомами. Атомы, у которых на один валентный электрон больше, чем у кремния, используются для получения полупроводника "n-типа". Эти атомы добавляют электроны в зону проводимости, увеличивая общее число электронов. Легирование атомами, у которых на один валентных электрон меньше, приводит к материалу "p-типа". В полупроводниках "p-типа" количество электронов, образовавших связи больше, что увеличивает количество дырок. В легированных материалах одних носителей всегда больше, чем других. Носители с более высокой концентрацией называются "основными носителями", в то время как носители с более низкой концентрацией - "неосновными". Структура кристаллической решетки кремния легированного примесями для получения материала p-типа.

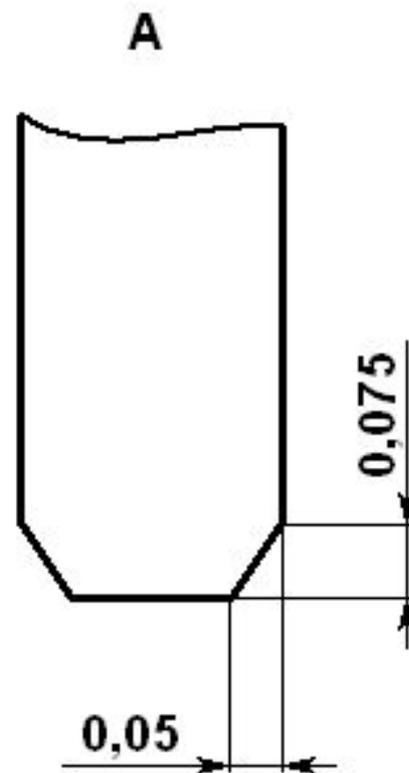
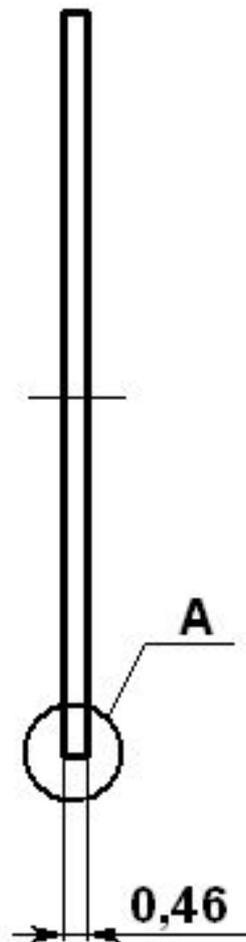
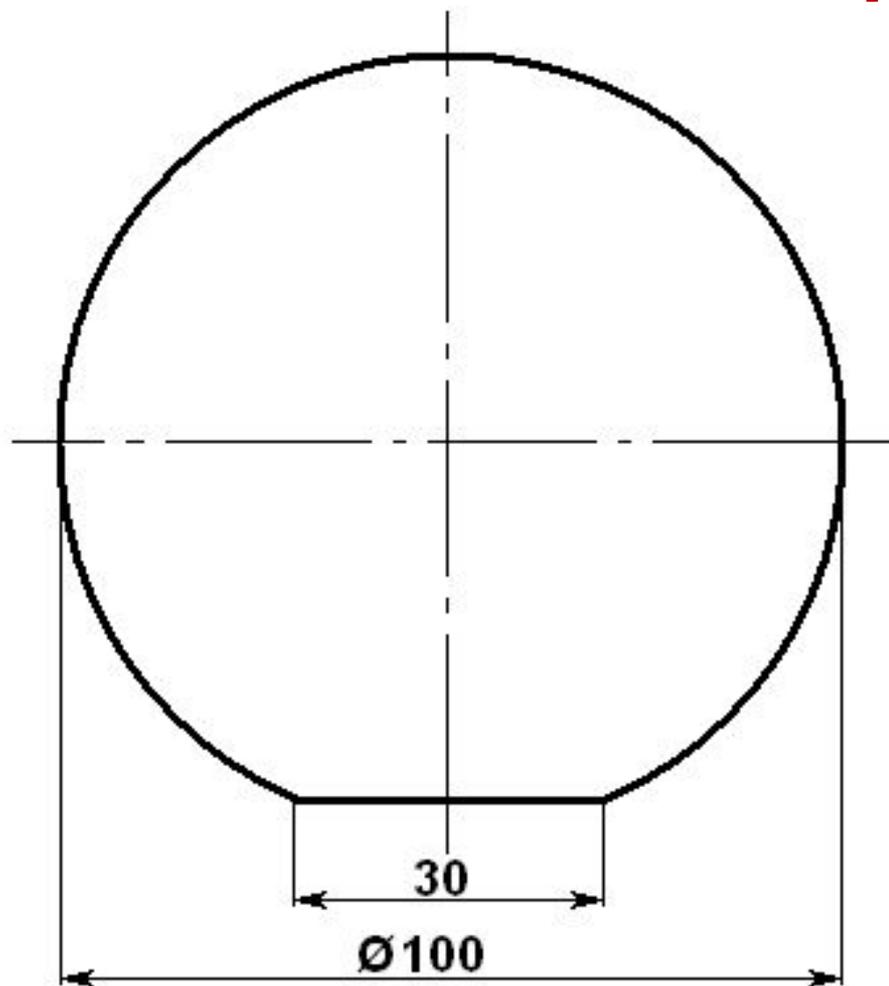


# Свойства полупроводников p- и n-типа проводимости

	<b>P-тип</b>	<b>N-тип</b>
<b>Легирующая примесь</b>	Группа III (например, Бор)	Группа V (например, Фосфор)
<b>Связи</b>	Недостающие электроны (дырки)	Избыточные электроны
<b>Основные носители</b>	Дырки	Электроны
<b>Неосновные носители</b>	Электроны	Дырки

# Полупроводниковая подложка $\varnothing 100$

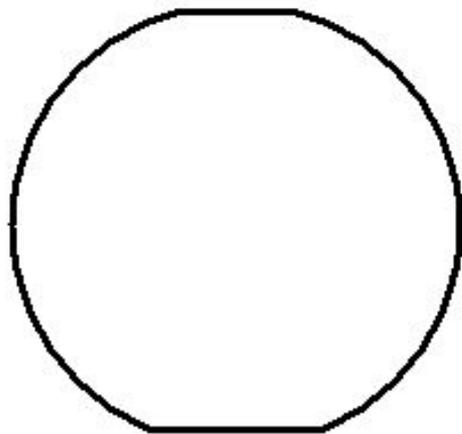
мм



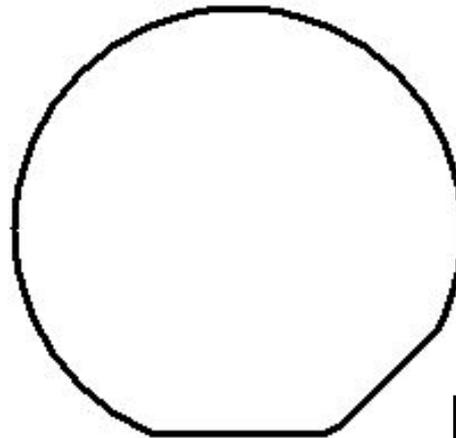
# **Конструктивные элементы подложки**

- **Основной (или базовый)** срез подложки предназначен для базирования (ориентации) пластин в технологическом оборудовании. В последующем параллельно базовому срезу будет располагаться одна из сторон кристалла ИМС.
- **Скругление края** по периферии подложки производится с целью предотвращения появления сколов и трещин.
- **Дополнительные срезы** служат для визуального определения ориентации, типа электропроводности и удельного сопротивления кремниевых пластин и наносятся относительно базового под углом 45, 90 или 180°.

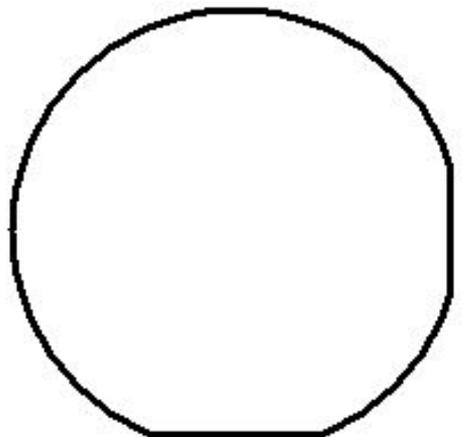
# ***Расположение дополнительных срезов на кремниевых подложках различных типов***



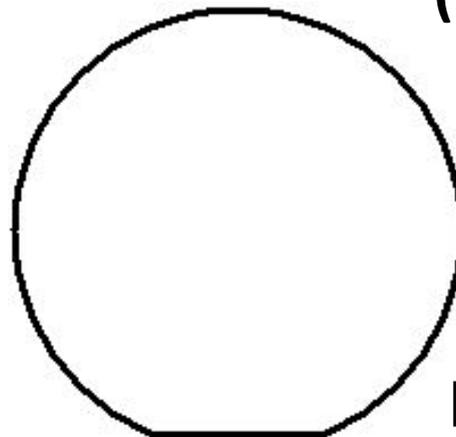
**КЭФ 4,5  
(100)**



**КДБ 10  
(111)**



**КЭФ 4,5  
(111)**



**КДБ 10  
(100)**

# ***Требования к качеству полупроводниковых подложек***

***Условно делят на две группы:***

***Требования к геометрическим параметрам;***

***Требования к качеству поверхности.***

# ***Геометрические параметры кремниевых пластин***

Параметр	Диаметр подложки				
	100 мм	150 мм	200 мм	300 мм	450 мм
Допуск на диаметр, мм	±0,5	±0,5	±0,5	±0,2	±0,1
Толщина, мкм	460–525	650–700	700–750	750–800	900–950
Отклонение толщины, мкм	±20	±15	±15	±10	±10
Локальная неплоскостность, мкм	1,0 – 2,0	0,5–1,0	0,2–0,5	0,2–0,5	0,2–0,5
Прогиб, мкм	<40	<60	<65	<100	–
Длина базового среза, мм	30–35	55–60	–	–	–

# **Параметры качества поверхности**

- 1. Шероховатость поверхности;**
- 2. Глубина нарушенного слоя;**
- 3. Минимальная дефектность.**

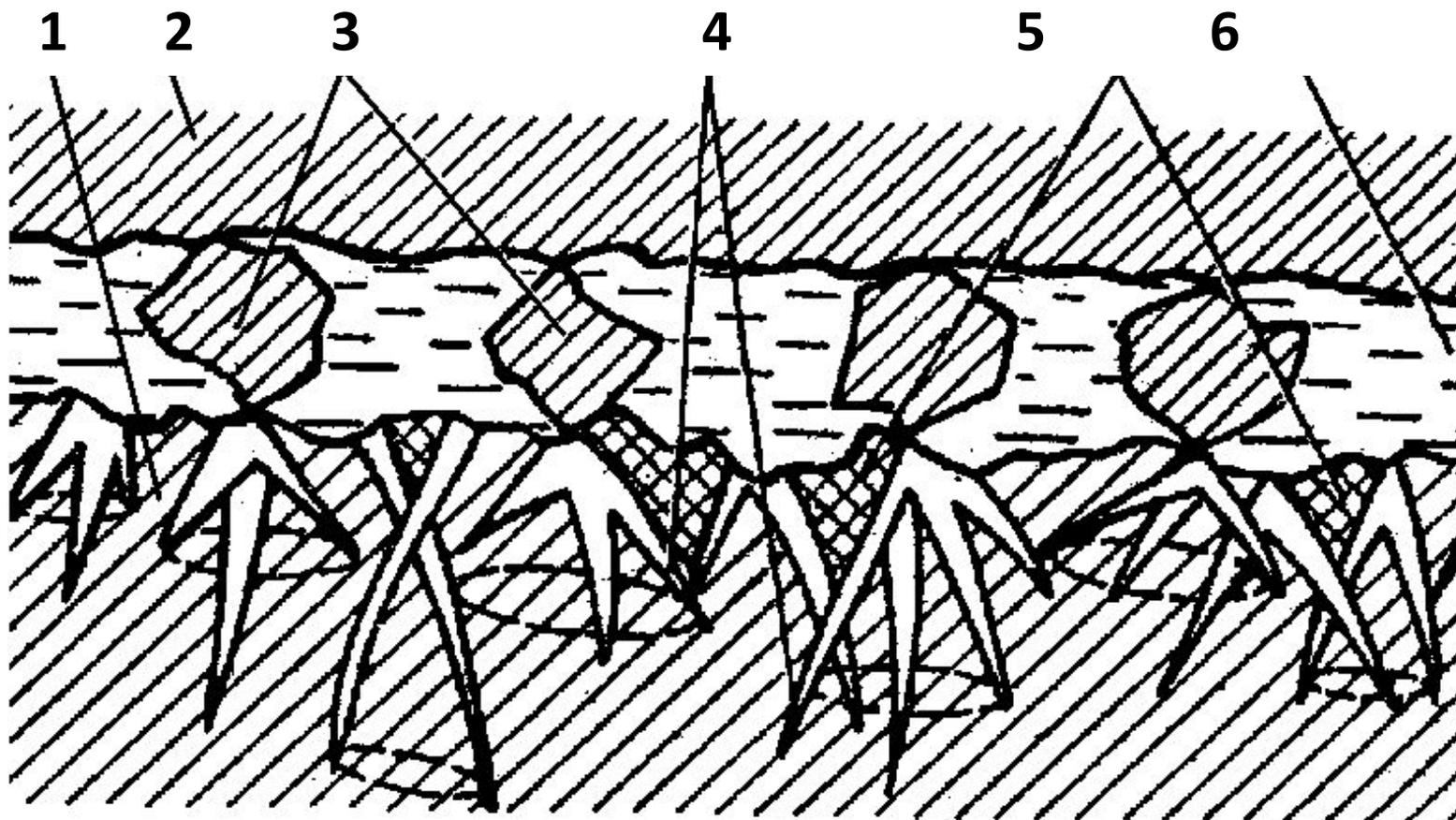
**Определяются:**

- качеством (бездефектностью) исходного материала,**
- качеством подготовки поверхности подложек,**
- эффективностью очистки подложек от загрязнений.**

# **Характерные особенности механических свойств полупроводниковых материалов**

- 1. Высокая твёрдость и хрупкость (не пригодны традиционные методы, такие как точение, фрезерование, сверление, штамповка).**
- 2. Единственным доступным методом является механическая обработка с применением связанных или свободных абразивов.**

# **Схема обработки свободным**



**1 – полупроводниковый материал; 2 – обрабатывающий инструмент; 3 – зерна абразива; 4 – конические трещины; 5 – выколы; 6 – абразивная суспензия.**

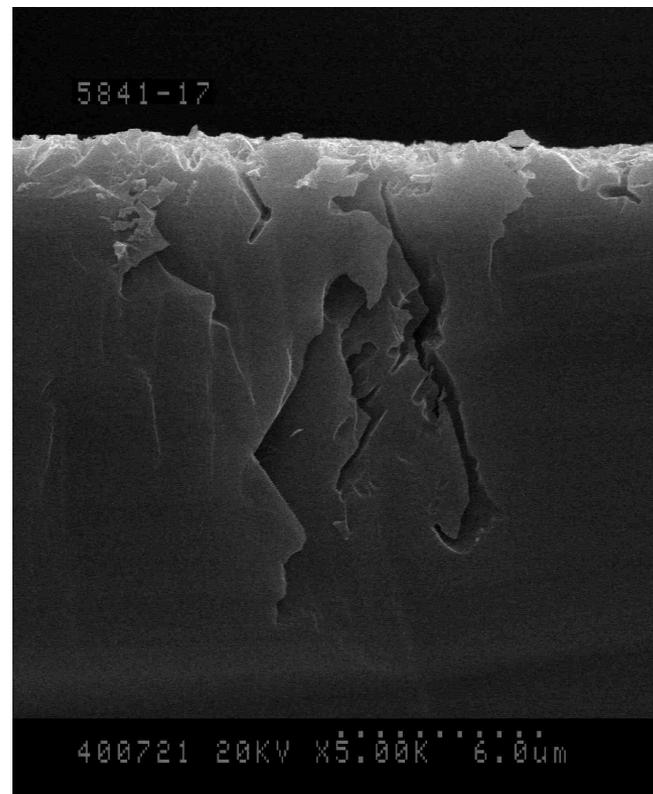
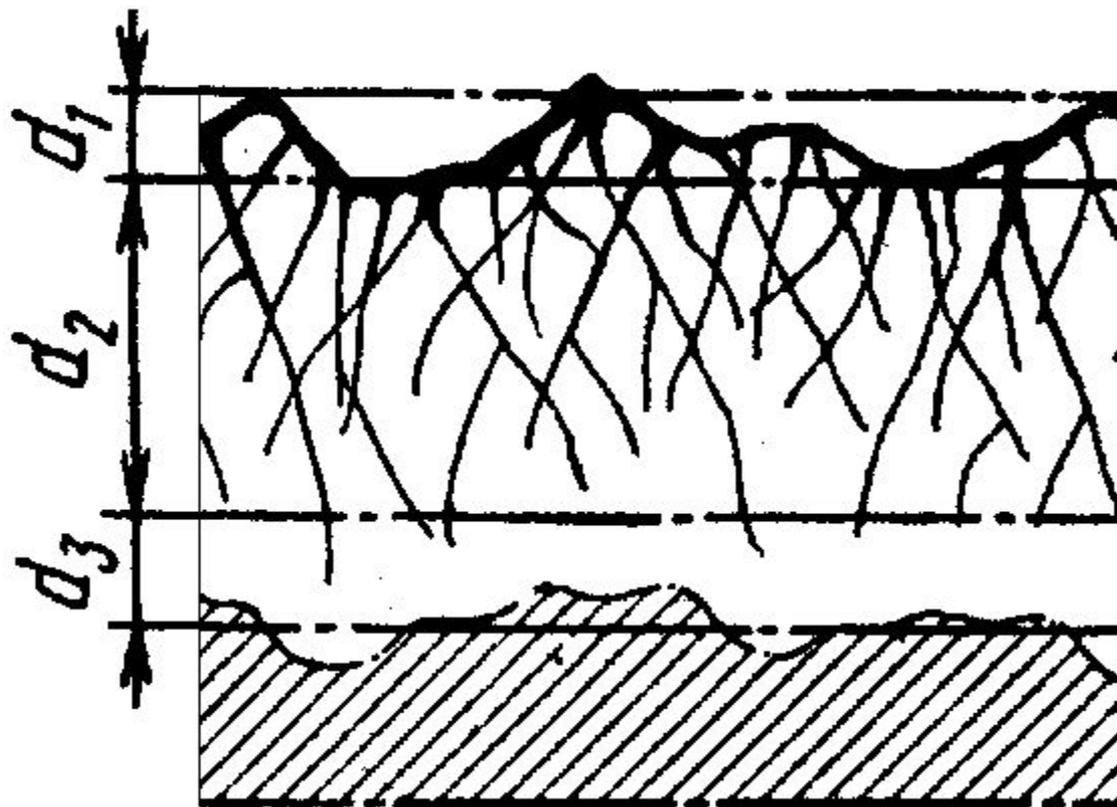
# **Абразивная суспензия**

**представляет собой жидкость с взвешенными в ней частицами абразива.**

**Жидкость в суспензии выполняет следующие функции:**

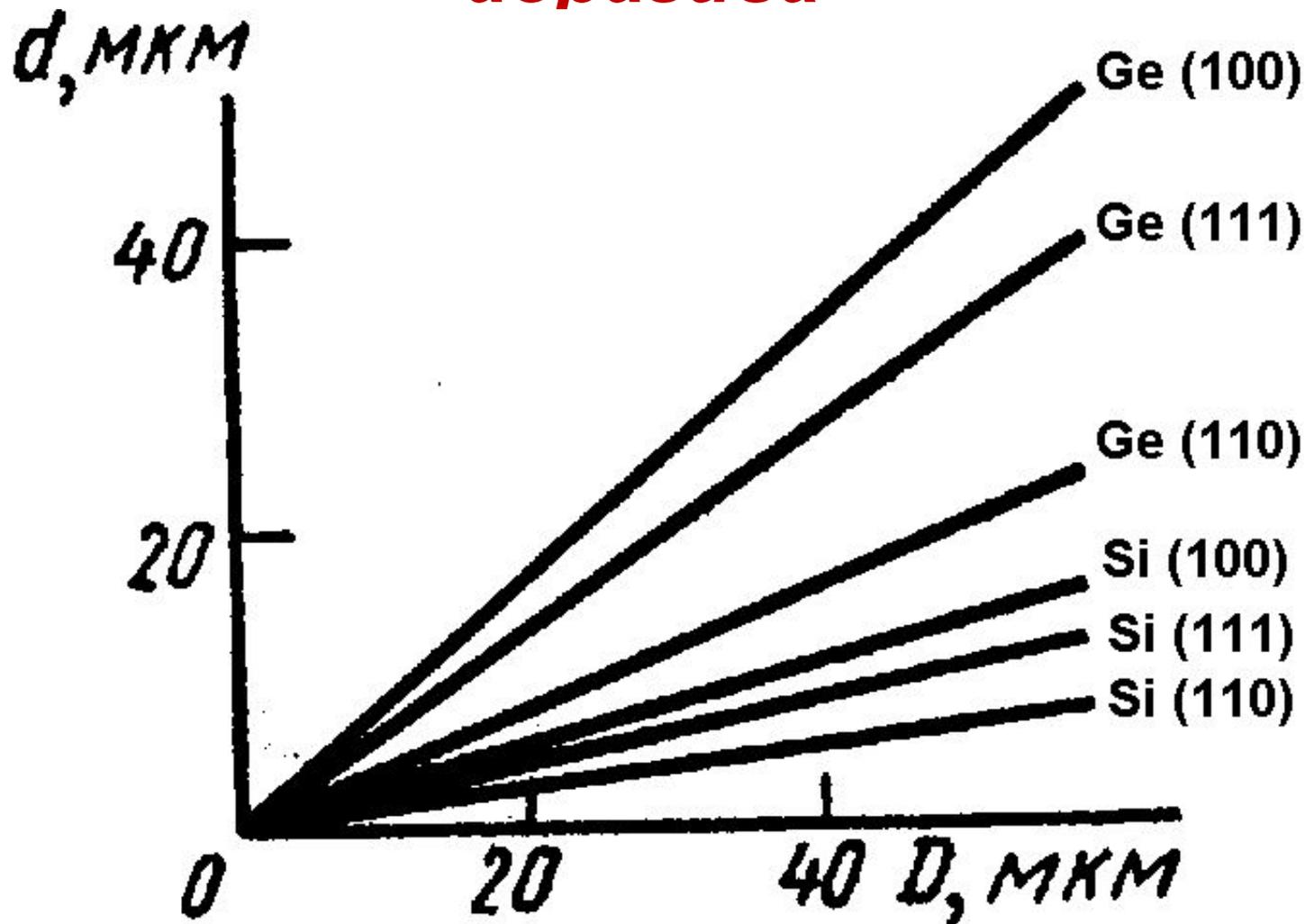
- 1. Распределение зерен абразива по поверхности обрабатываемого инструмента;**
- 2. Удаление разрушенных зерен и частиц полупроводника;**
- 3. снижение трения и отвод теплоты;**
- 4. смягчение ударно–вибрационных усилий;**
- 5. ускорение удаления материала за счет расклинивающего действия в микротрещинах.**

# Структура нарушенного слоя

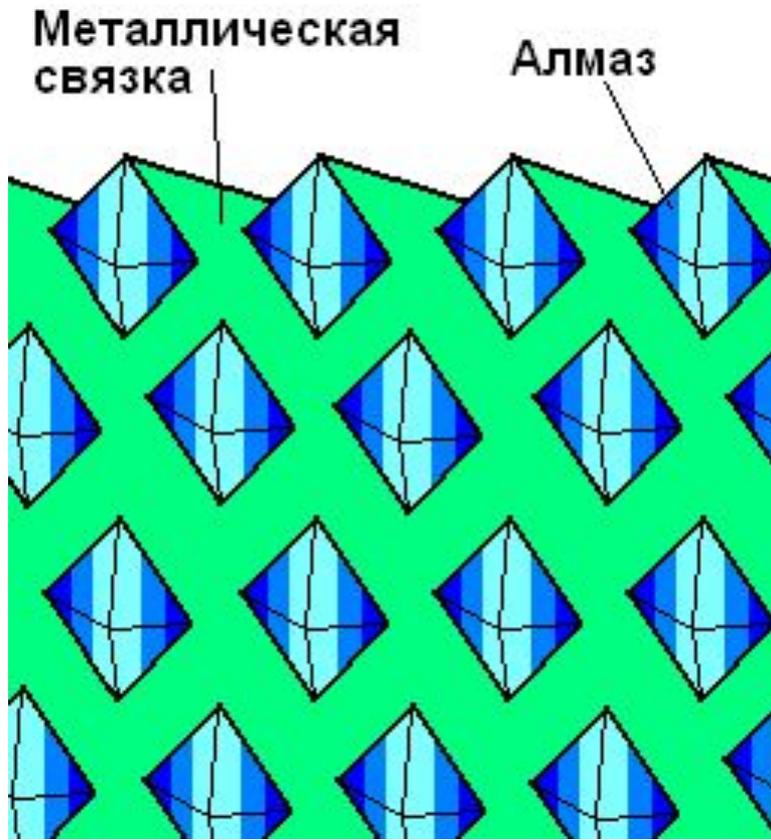


- $d_1$  – рельефный слой;
- $d_2$  – трещиноватый слой;
- $d_3$  – напряжённый слой

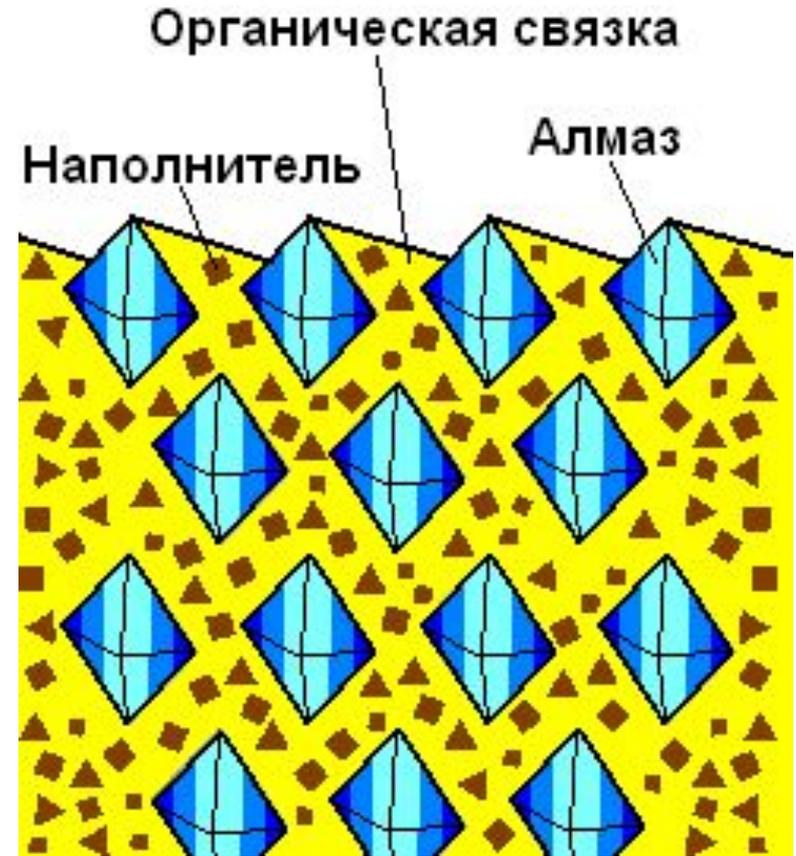
# Зависимость суммарной толщины нарушенного слоя от диаметра зерна абразива



# Связанный абразив



*Металлической связкой*



*Органической связкой*

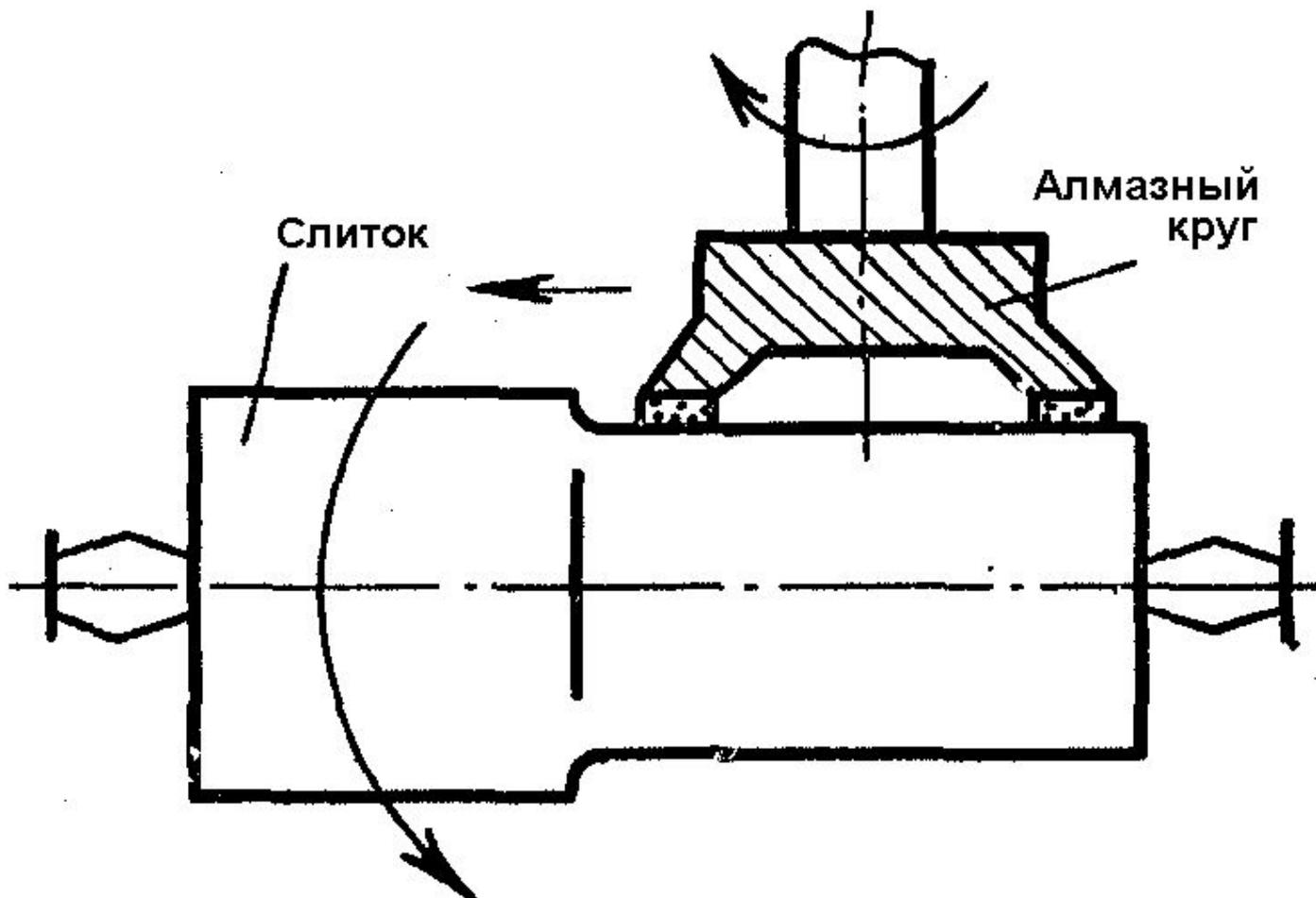
## ***Характерные особенности обработки связанным абразивом***

- 1. По сравнению с обработкой свободным абразивом достигается примерно одинаковый класс чистоты поверхности.***
- 2. Большая производительность***
- 3. Меньшая толщина нарушенного слоя.***

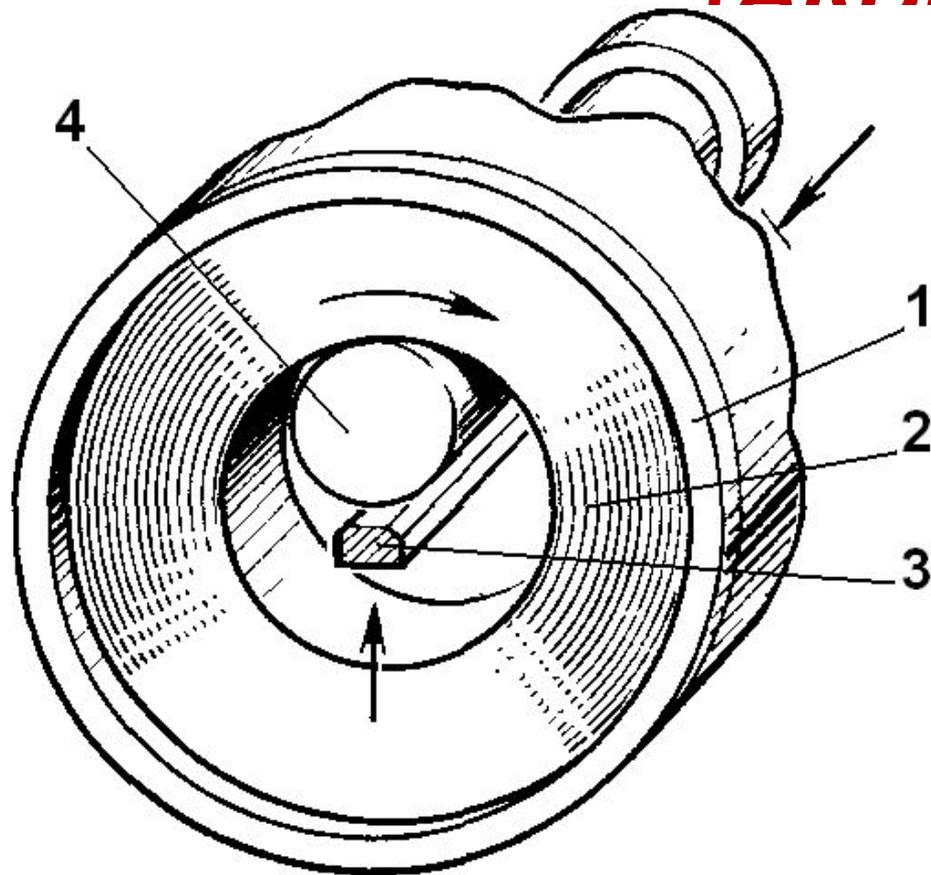
## ***Технологический маршрут изготовления подложек***

- Калибровка слитка;***
- Ориентация и резка слитка;***
- Снятие фаски;***
- Двухстороннее шлифование;***
- Финишная полировка планарной стороны;***
- Контроль качества поверхности.***

# Калибровка слитка

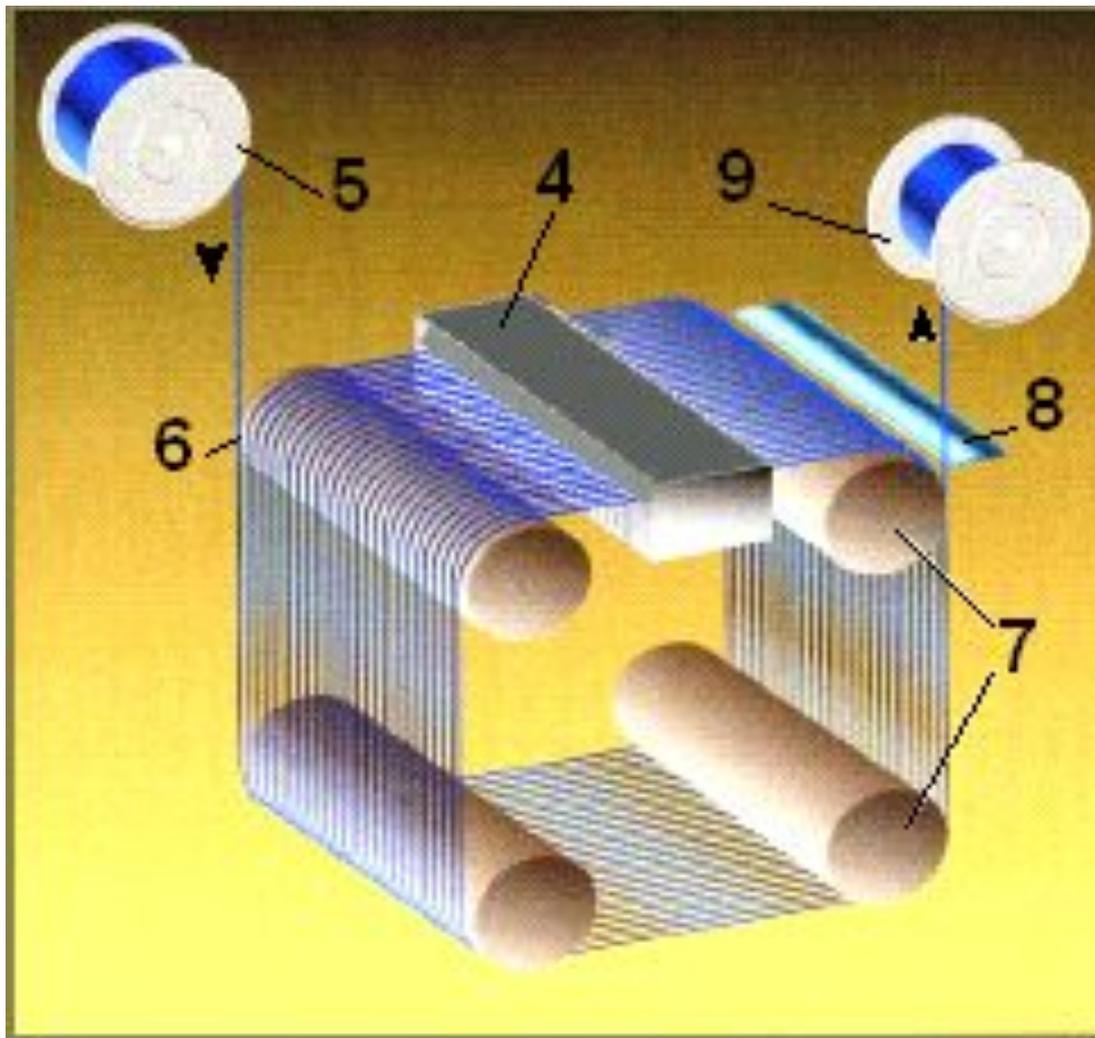


# **Резка слитка алмазным кругом с внутренней режущей кромкой (ДКВР)**



- 1 – цилиндрический барабан;
- 2 – алмазный круг с внутренней режущей кромкой;
- 3 – оправка;
- 4 – слиток;

# Резка слитка проволоочной пилой



- 4 – слиток;
- 5 – подающий ролик;
- 6 – тонкая проволока;
- 7 – направляющие ролики;
- 8 – форсунки для подачи суспензии;
- 9 – приемный ролик.

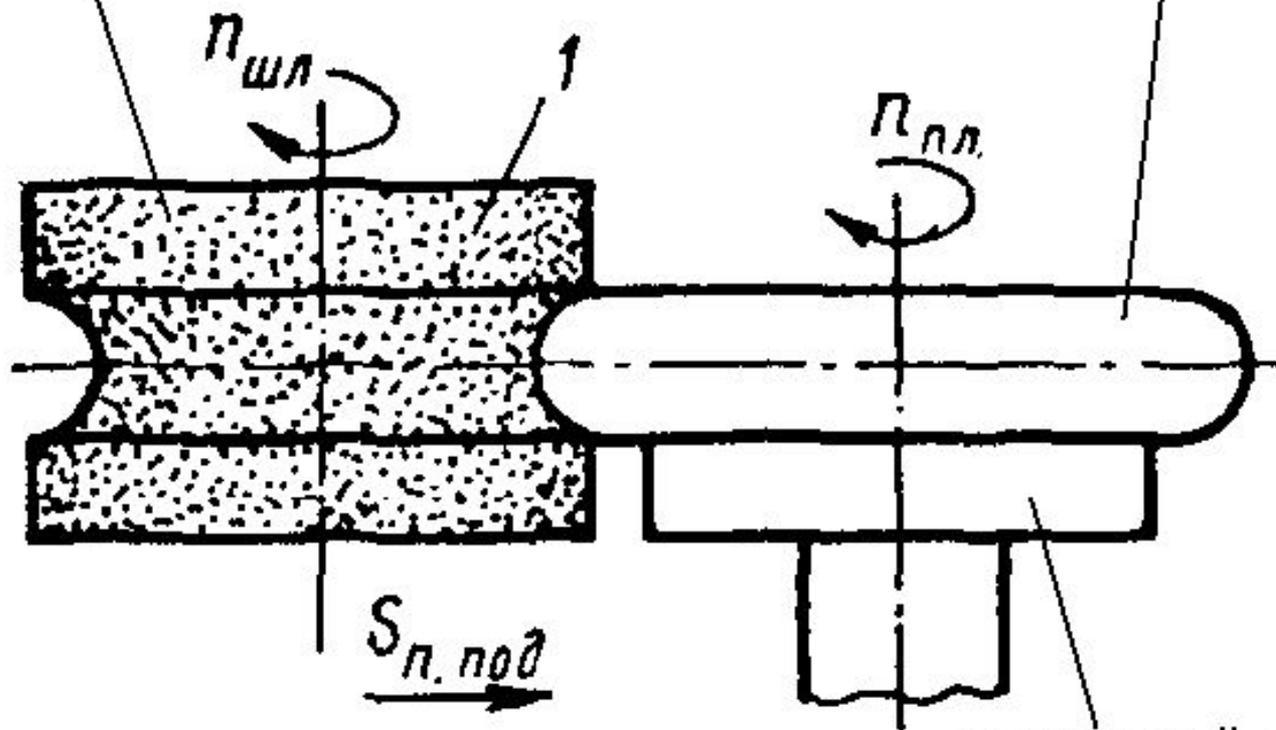
## ***Качество подложек после резки***

- ***Шероховатость поверхности Rz :  
порядка нескольких мкм;***
- ***Толщина нарушенного слоя: > 10 мкм,***
- ***Значительный разброс толщины.***

# Схема снятия фаски по периметру подложки

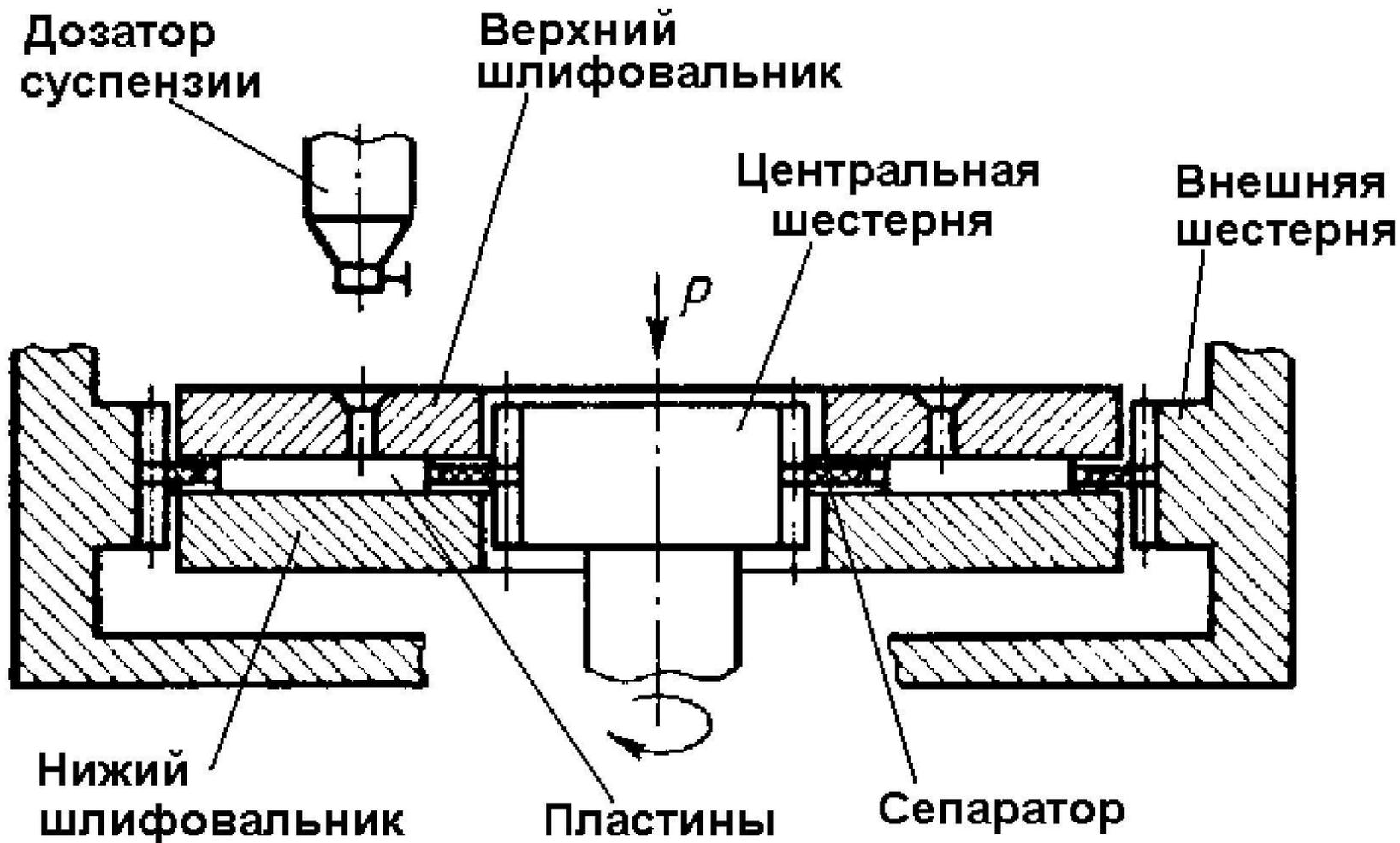
Профильный алмазный шлифовальный круг

Обрабатываемая пластина

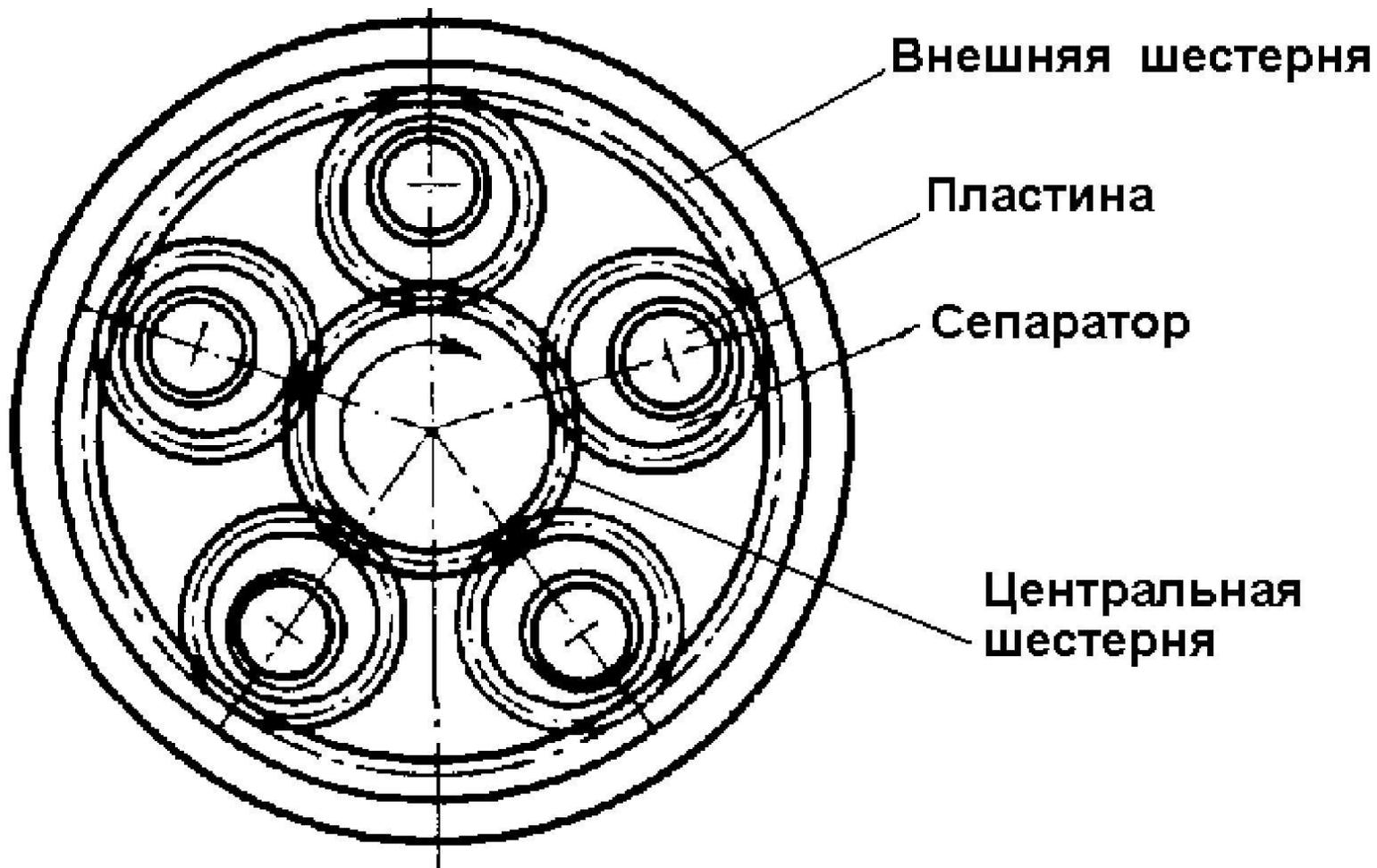


Вакуумный столик

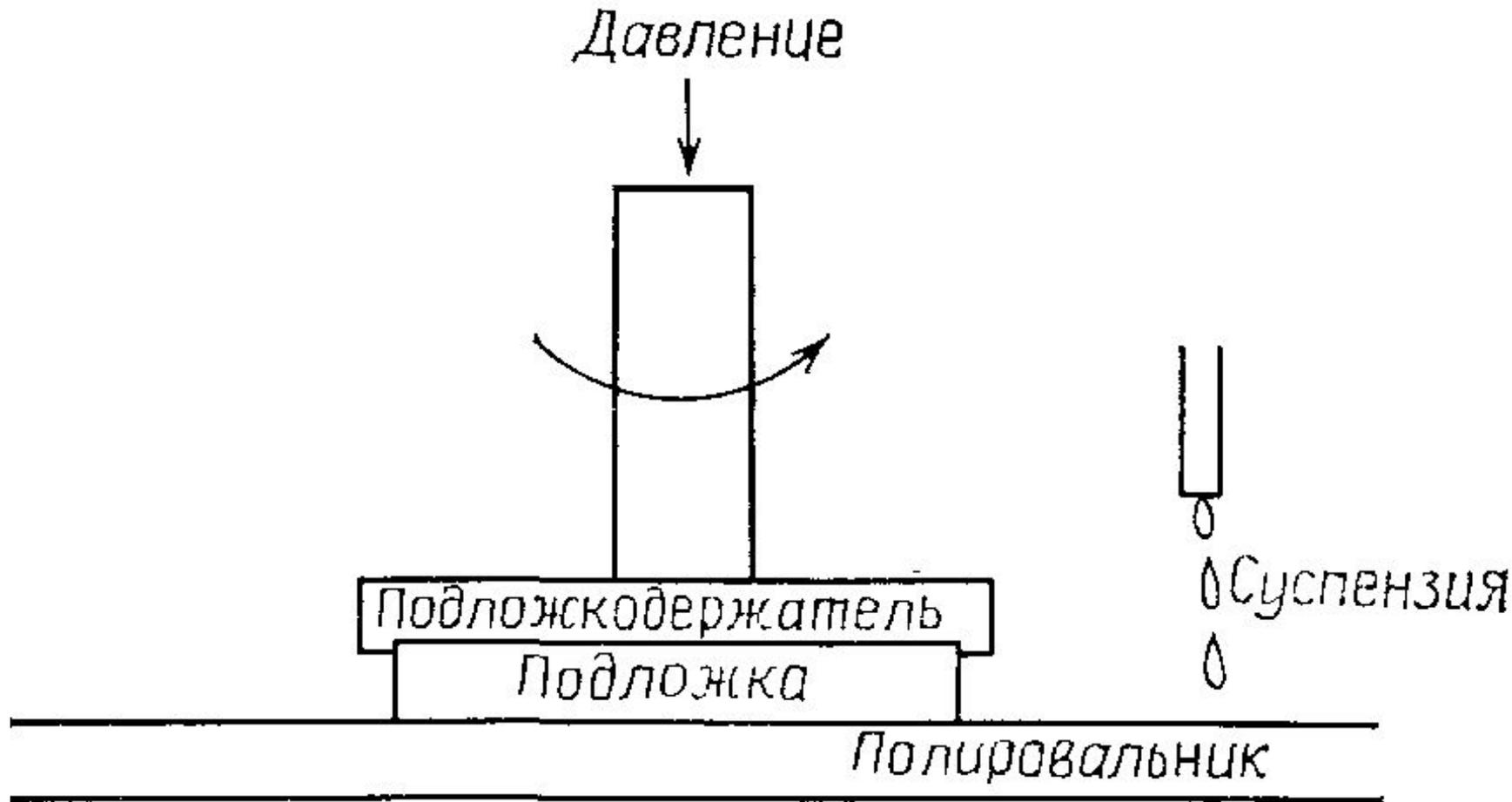
# Двухсторонняя шлифовка (поперечный разрез)



# ***Двухсторонняя шлифовка (вид сверху)***



# Схема химико-механического полирования подложек



# **Особенности химико-механической полировки**

- Выполняется специальными полирующими составами из частиц абразива размером 0,1 мкм, взвешенных в растворе КОН или NaOH;**
- Высота микронеровностей менее 0,025 мкм,**
- Толщина нарушенного слоя менее 1,0 мкм;**
- Обработка осуществляется за счёт реакции щелочной компоненты с полируемым веществом с образованием соединений, механически разрушаемых абразивными частицами.**

# **Параметры пластин, контролируемые после механических обработок**

- 1. Внешний вид поверхности**
- 2. Совершенство геометрической формы:**
  - толщина;**
  - разброс толщины в партии и в пределах одной пластины;**
  - непараллельность;**
  - неплоскостность;**
  - прогиб.**
- 3. Шероховатость**
- 4. Толщина нарушенного слоя**

# **Методы очистки поверхности подложек**

**Зависят от характера загрязнений  
поверхности.**

**Примеси на поверхности подложки делят на:**

- **Физические** загрязнения;
- **Химические** загрязнения.

# Особенности физических загрязнений

1. Обусловлены физической адсорбцией и слабо связаны с поверхностью полупроводника.
2. Физическая адсорбция загрязнений к поверхности происходит в результате межмолекулярного взаимодействия, обусловленного:
  - силами Ван-дер-Ваальса;
  - электростатической поляризацией (кулоновским взаимодействием заряженных частиц).
3. Адсорбированные частицы могут преодолеть силы адсорбции десорбироваться (т.е. физические загрязнения носят обратимый характер).

# **Физические загрязнения**

**Подразделяют на:**

- **Неорганические** загрязнения (пыль различного происхождения и абразивные частицы);
- **Органические** загрязнения подразделяют на:
  - **Полярные** загрязнения;
  - **Неполярные** загрязнения.

# ***Полярные загрязнения***

- жиры;
- белки;
- жирные кислоты;
- следы поверхностно–активных веществ;
- остатки синтетических плёнок.

## ***Особенности:***

- ***Молекулы данных веществ обладают дипольными моментами и, как правило, ориентированы на поверхности;***
- ***Ориентация таких молекул приводит к росту плотности их упаковки на поверхности и к сокращению площади загрязнения.***

## ***Неполярные загрязнения***

- Минеральные масла;***
- Парафин;***
- Остатки битумов;***
- Вазелины.***

### ***Особенности:***

***Из–за малого дипольного момента данные вещества обладают высокой поверхностной энергией и способны покрывать большие площади.***

# **Особенности химических загрязнений**

- **химические загрязнения связаны с поверхностью подложки силами хемосорбции;**
- **образуются прочные ковалентные или ионные связи с поверхностью (т.е. имеют необратимый характер).**

**Химические загрязнения подразделяются на:**

- **ионные** загрязнения;
- **атомные** загрязнения;
- **остатки оксидных, нитридных или сульфидных плёнок.**

## ***Ионные загрязнения***

- растворимые в воде соли;***
- кислоты;***
- и основания.***

***Осаждаются на поверхность пластин из очищающих растворов и травителей, а также из окружающей среды.***

## **Атомные загрязнения**

**Осаждаются на поверхности подложек в виде:**

- микрозародышей из атомов золота;**
- железа,**
- меди,**
- серебра;**
- других химических элементов, присутствующих в реактивах.**

**Могут покрывать всю поверхность подложки и даже образовывать макроскопические слои.**

# **Основными источниками загрязнений**

- абразивные и клеящие материалы, используемые при механической обработке полупроводниковых подложек;**
- пыль и аэрозольные частицы, содержащиеся в воздушной среде производственных помещений;**
- технологическое оборудование и оснастка, операционная и транспортная тара для подложек;**
- технологические среды, органические и неорганические реагенты, промывочная вода;**
- одежда, эпителий, косметика, бактерии и вирусы, жировые отпечатки пальцев оператора.**

# **Борьба с загрязнениями**

**Данную задачу решают в трёх аспектах:**

- использование эффективных методов очистки подложек перед выполнением ответственных технологических операций;**
- исключение попадания загрязнений на поверхность подложек из воздушной среды производственных помещений путём реализации техпроцесса в чистых производственных помещениях;**
- исключение попадания загрязнений на поверхность подложек при выполнении операций в технологических установках путем использования чистых технологических сред и тщательной подготовки технологического оборудования.**

# **Требования к методам очистки полупроводниковых подложек**

- инертность по отношению к обрабатываемому материалу;**
- пожаробезопасность и минимальная токсичность;**
- высокая степень чистоты используемых химреактивов, газов и воды;**
- оборудование для очистки должно конструироваться по принципу «бесконечного разбавления».**

# Классификация методов очистки подложек



# **Обезжиривание в органических растворителях**

**В основе метода лежат процессы замещения адсорбированных молекул примесей молекулами растворителей. В результате десорбции молекулы загрязнений переходят с очищаемой поверхности подложки в приповерхностный слой растворителя и далее равномерно распределяются в его объёме.**

**Используемые материалы:**

**трихлорэтилен, толуол, спирты, бензин, ацетон.**

**Недостаток метода:**

**неполное удаление загрязнений вследствие уравнивания скоростей десорбции и адсорбции. Т. е, наблюдается вторичное загрязнение поверхности из объёма растворителя.**

# **Очистка подложек в очищающих растворах**

**Основана на химическом взаимодействии компонентов растворов с загрязнениями поверхности.**

**Органические загрязнения разрушаются, окисляются до легкорастворимых форм или до образования газообразных веществ и воды.**

**Обработка в щелочных растворах основана на разложении жиров щелочью и переводе их в легкорастворимые мыла.**

**Очистка поверхности от атомов и ионов металлов, оксидных, сульфидных и нитридных пленок проводится в кислотных растворах.**

**Удаление атомных и ионных загрязнений с помощью кислот основано на вытеснении атомов и ионов металлов ионами водорода.**

## **Интенсификации процессов очистки**

**Осуществляется для повышения эффективности очистки. При этом ускоряются наиболее медленные стадии процесса (например, подвод свежего реагента в зону обработки, отвод продуктов химических реакций от обрабатываемой поверхности, десорбция атомов или ионов и т.д. ).**

**Методы интенсификации подразделяются на **физические**, **химические** и **комбинированные**.**

# **Физические методы интенсификации**

- нагрев,**
- кипячение,**
- обработка струёй,**
- обработка гидроциркуляцией,**
- обработка протоком,**
- гидромеханическая отмывка,**
- центрифугирование,**
- обработку ультра– и мегазвуком,**
- плазменная обработка.**

# ***Химические методы интенсификации***

- очистка поверхностно–активными веществами (ПАВ),***
- очистка комплексообразователями.***

# **Комбинированные методы интенсификации**

**объединяют в себе физические и  
химические методы:**

- обработка горячей струёй,**
- подогрев ультразвуковой ванны,**
- использование травителей в  
сочетании с использованием  
ультразвука, и т.д.**

# ***Способы реализации обработки поверхности подложек***

- Объёмная химическая обработка;***
- Химическая обработка в аэрозолях.***

# **Объёмная химическая обработка**

**реализуется погружением кассет с пластинами в ванну, заполненную технологическим раствором.**

## **Отличительные особенности:**

- для каждого технологического раствора, используемого в техпроцессе, должна быть отдельная ванна;**
- для каждого технологического раствора устанавливается регламент замены, исходя из количества обработанных в одном объёме раствора пластин и срока годности раствора;**
- нагрев технологического раствора осуществляется непосредственно в ванне;**
- отмывка пластин от технологического раствора производится в специальных ваннах с проточной деионизованной водой;**
- сушка пластин после отмывки осуществляется на специальном оборудовании, чаще всего в центрифуге.**

## **Химическая обработка в аэрозолях**

**реализуется путем обработки пластин в специальной ванне-центрифуге, в которую в виде аэрозолей вначале подается технологический раствор или его компоненты, затем деионизованная вода, а в конце – очищенный азот для высушивания пластин.**

### **Характерные особенности:**

- каждая пластина проходит обработку в новой порции технологического раствора;**
- в одной ванне реализуются все стадии процесса химической обработки подложек.**

## **Последовательность очистки поверхности подложек от загрязнений**

**Большинство методов очистки  
требует последовательного  
использования нескольких  
очищающих растворов:**

- 1) Удаление органических загрязнений;**
- 2) Удаление слоёв оксида;**
- 3) Удаление механических частиц;**
- 4) Удаление металлических и ионных примесей.**

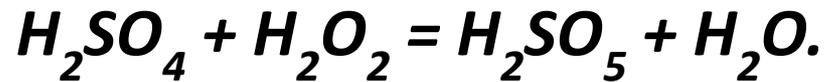
## **Очередность применения технологических растворов**

- Травитель КАРО;**
- Раствор плавиковой кислоты;**
- Перекисно–аммиачный раствор (ПАР);**
- Перекисно–соляный раствор (ПСР).**

## **Обработка в травителе КАРО**

**Травитель КАРО - смесь серной кислоты и перекиси водорода в соотношении 10:1.**

**Используется при температуре 90 – 150 °С:**



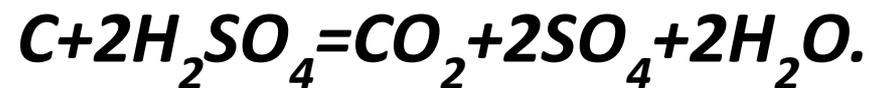
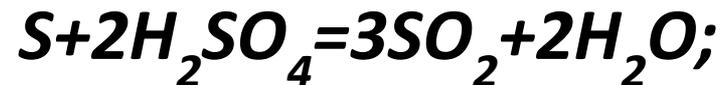
**Пероксомоносерная кислота при нагревании разлагается с образованием атомарного кислорода:**



**Атомарный кислород интенсивно взаимодействует с органическими веществами, которые в результате эмульгируются или растворяются в травителе.**

# **Очистка поверхности от неметаллических загрязнений**

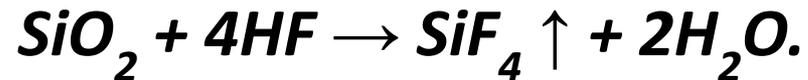
**при нагревании концентрированная серная кислота может окислять такие неметаллы как серу, углерод и др.:**



**Основным недостатком очистки пластин в смеси КАРО является загрязнение поверхности подложек механическими частицами.**

# **Удаление тонкого естественного слоя оксида**

**как правило, используют травители на основе водных растворов плавиковой кислоты:**



**Обработка в растворе HF также эффективна для снижения концентрации металлов на поверхности кремния.**

## **Недостатки:**

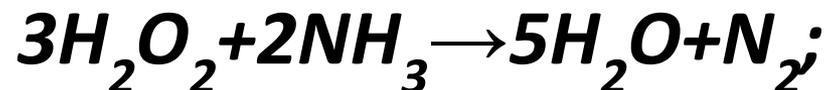
- Загрязнение поверхности микрочастицами, обусловленное появлением свободных (ненасыщенных) связей на поверхности кремния, повышающих активность поверхности и ее сорбционную способность;**
- По данной причине на завершающей стадии обработки может наблюдаться адсорбция атомов тяжёлых металлов и примесей углерода.**

# **Обработка подложек в ПАР**

**Обработка в ПАР ( $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=1:1,5:7$ )  
при**

**температуре 60 – 80 °С является наиболее универсальной обработкой, обеспечивающей эффективное удаление с поверхности механических и органических загрязнений, а также десорбцию атомарных и ионных примесей.**

**В щелочной среде в присутствии аммиака идет реакция разложения перекиси водорода:**



# Особенности обработки в ПАР

**Атомарный кислород** обладает сильными окислительными свойствами, что обеспечивает:

- деструкцию молекул органических загрязнений и их перевод в водорастворимое состояние;
- окисление атомов металлов до ионного состояния.

Образование **комплексных соединений** с аммиаком обеспечивает десорбцию с поверхности ионных примесей.

Выделение пузырьков **кислорода** обеспечивает интенсивное перемешивание раствора, что в совокупности с созданием **щелочной аммиачной среды** эффективно очищает поверхность от микрочастиц.

## **НЕДОСТАТКИ:**

Загрязнение поверхности кремния примесями алюминия, магния и железа, что в ряде случаев требует дополнительной обработки в кислотных растворах.

# **Очистка поверхности от металлических примесей**

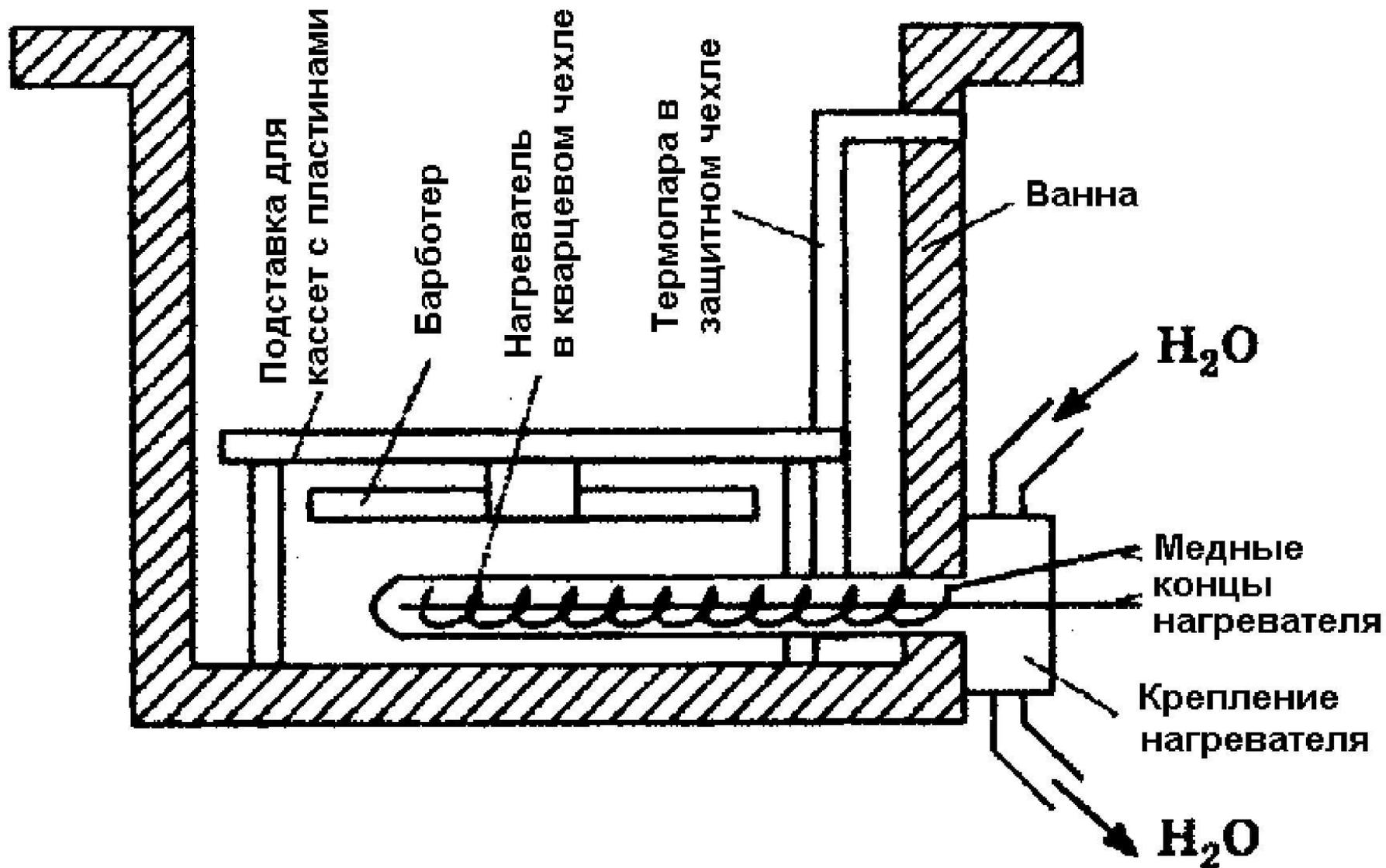
**Производится в перекисно–соляном  
растворе (ПСР) ( $\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=5:1:1$ ) при  
температуре 70 – 90 °С.**

**Действие ПСР основано на образовании  
хорошо растворимых простых и  
комплексных солей соляной кислоты с  
ионными и атомарными загрязнениями на  
поверхности кремния и диоксида кремния.  
ПСР эффективен для удаления как  
щелочных, так и тяжёлых металлов.**

# ***Стадии процесса химической обработки***

- 1. Обработка пластин в технологическом растворе;***
- 2. Промывка обработанных пластин в деионизованной воде;***
- 3. Сушка отмытых пластин.***

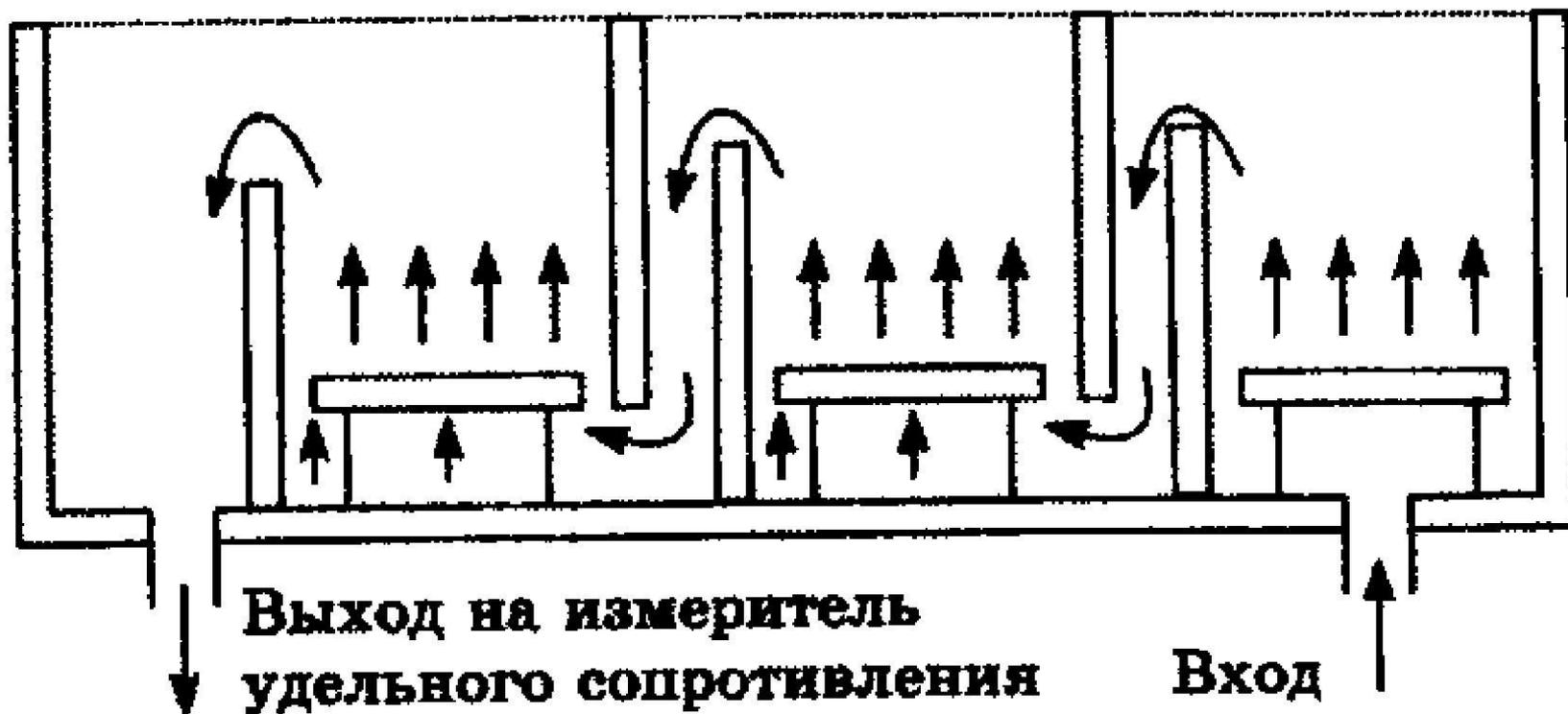
# Устройство ванны для химобработки



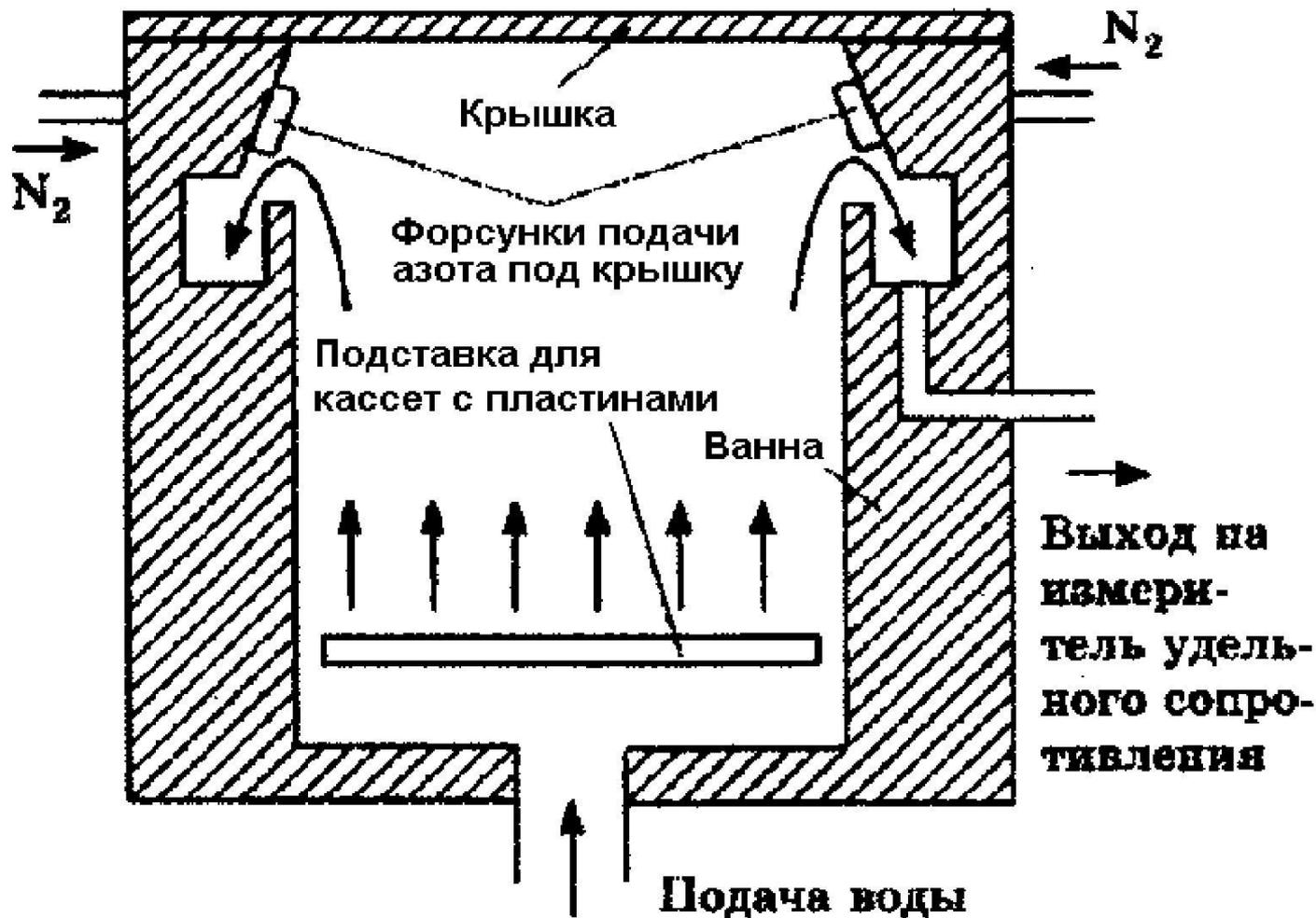
# **Способы промывки пластин в проточной деионизованной воде**

- 1. Отмывка пластин в трёхкаскадной ванне;**
- 2. Отмывка пластин в однокаскадной ванне;**
- 3. Отмывка пластин в стоп-ванне с последующей отмывкой в однокаскадной ванне.**

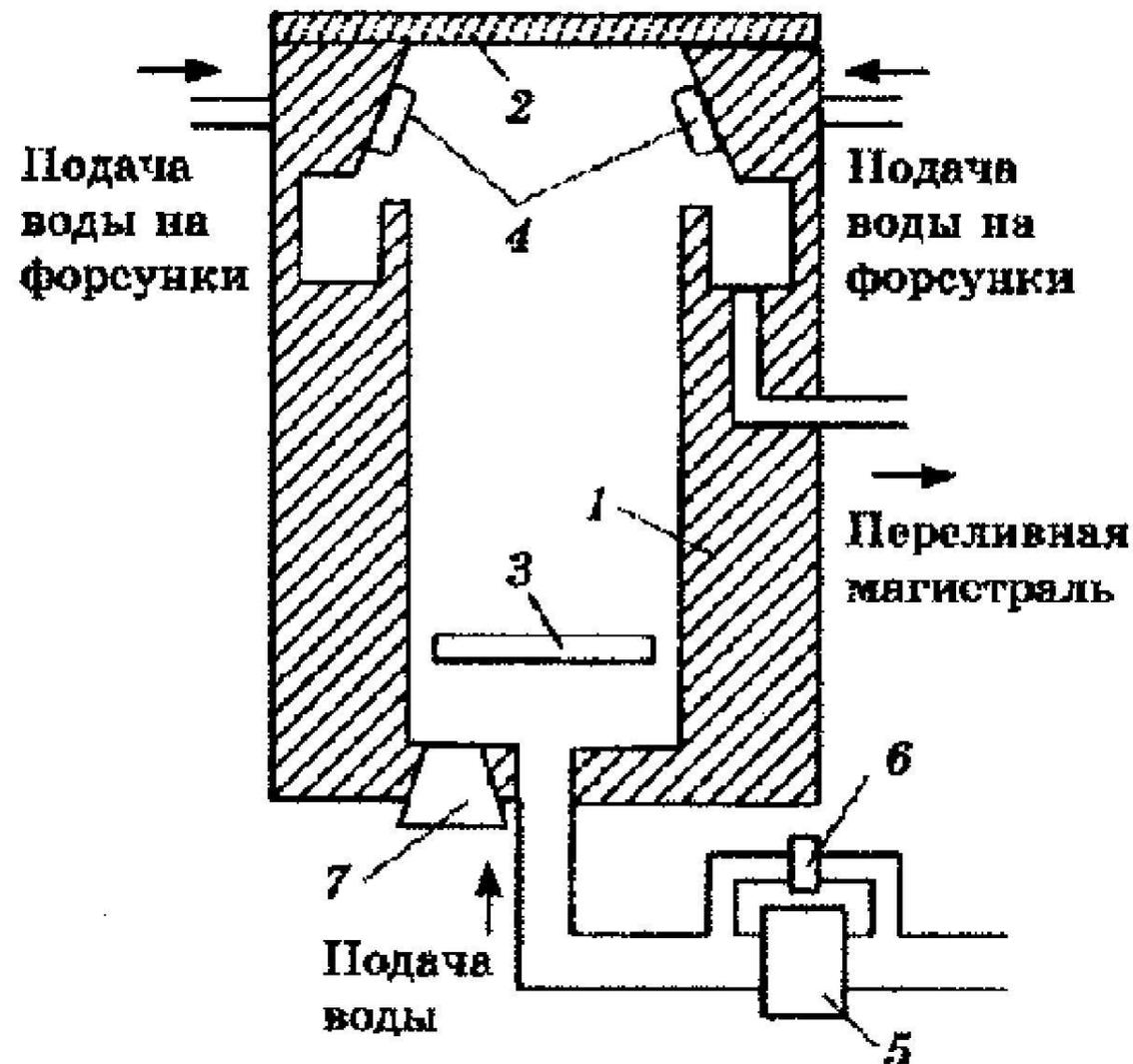
# *Трёхкасовая ванна для промывки*



# Однокаскадная ванна для промывки

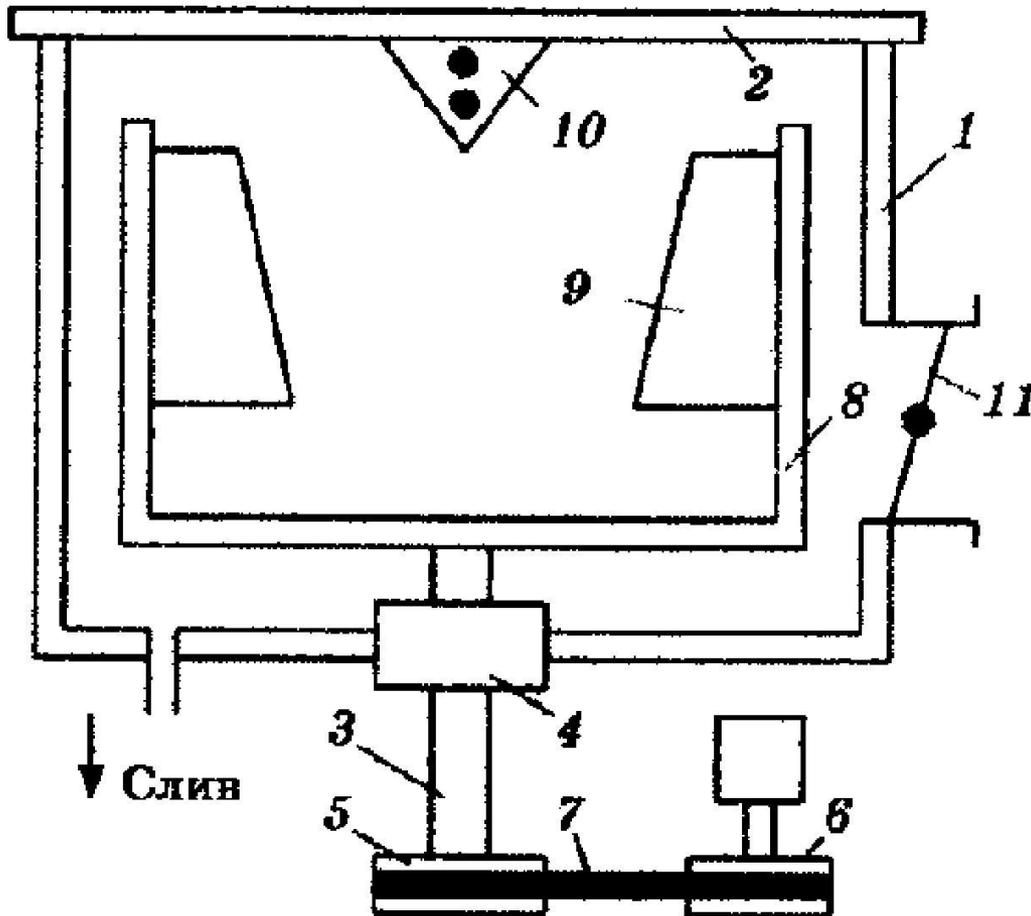


# Стоп-ванна



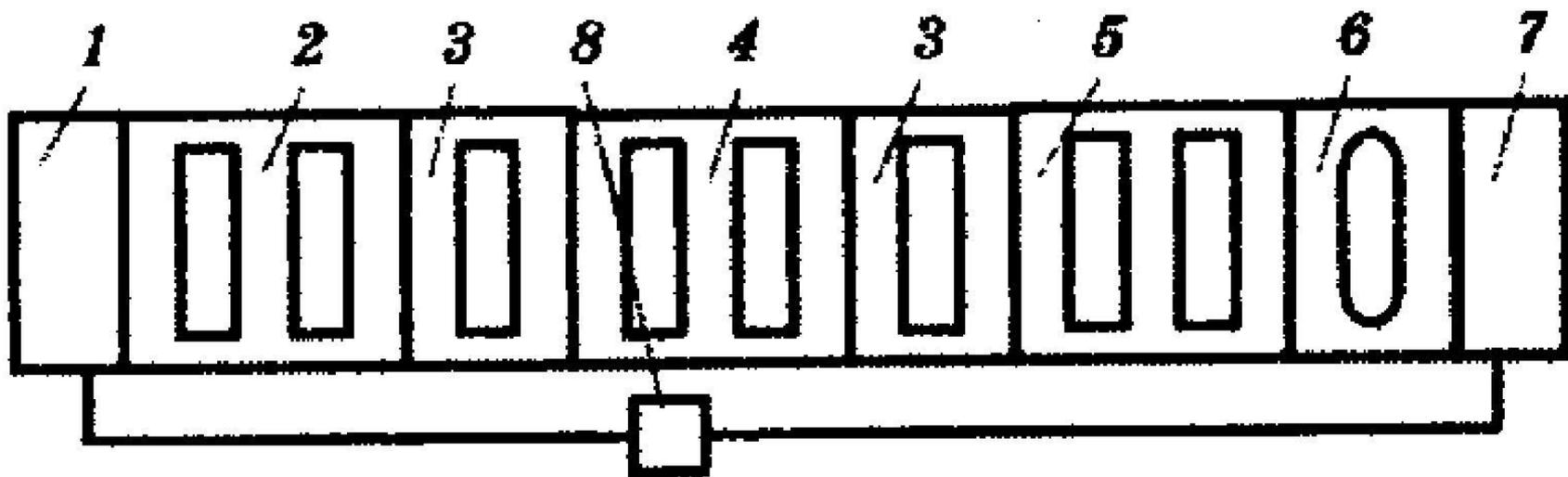
- 1 - Ванна;
- 2 - Крышка;
- 3 - Подставка для касет с пластинами;
- 4 - Форсунки;
- 5 - Клапан подачи большого расхода воды;
- 6 - Клапан подачи малого расхода воды;
- 7 - Клапан быстрого слива.

# Устройство блока сушки



- 1 - Корпус;
- 2 - Крышка;
- 3 - Вал;
- 4 - Узел вращения с подшипником;
- 5 - Шкив вала;
- 6 - Электродвигатель;
- 7 - Ремень;
- 8 - Карусель;
- 9 - Кассетодержатель;
- 10 - Форсунка подачи азота;
- 11 - Заслонка вытяжной вентиляции.

# **Типовая автоматизированная установка химобработки**



- 1 - Блок загрузки; 2 - Блок обработки в смеси КАРО; 3 – Стоп-ванна; 4 – Блок обработки в ПАР;**  
**5 – Блок промывки; 6 – Блок сушки; 7 – Блок выгрузки; 8 – Автооператор.**