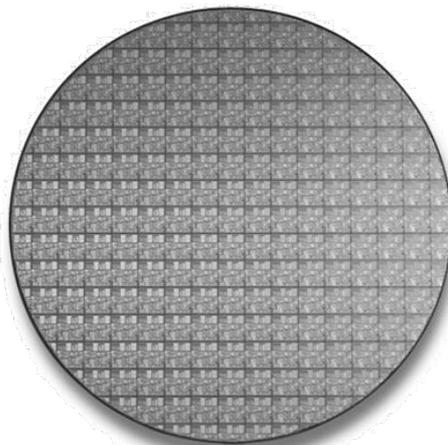


## 1.15. РАЗДЕЛЕНИЕ ПЛАСТИН НА КРИСТАЛЛЫ

**Цель лекции:** ознакомление с принципами разделения пластин на кристаллы.

### 1.15.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

После выполнения всех технологических операций на подложке формируются ряды кристаллов, на которые ее следует разделить (рис. 1.15.1). Для разделения между кристаллами оставляется пространство, называемое скрайберной дорожкой (рис. 1.15.2). Именно по скрайберным дорожкам будет происходить разделение пластины на кристаллы.

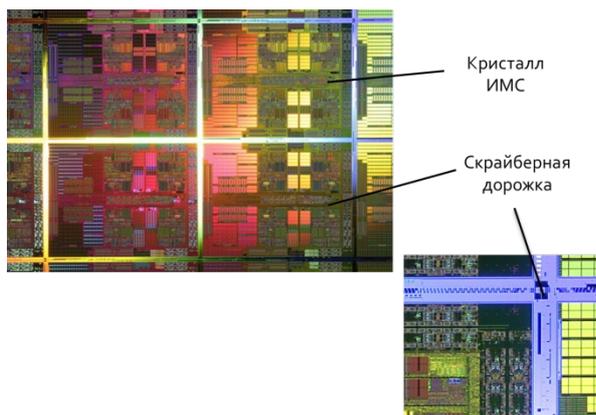


**Рис. 1.15.1.** Подложка с кристаллами ИС

Пластины можно разделить на кристаллы двумя способами:

- ломка проскрайбированных пластин;
- сквозное разделение пластин.

При скрайбировании на поверхность пластины между готовыми микросхемами наносят в двух взаимно перпендикулярных направлениях неглубокие риски. В дальнейшем они играют роль концентратора механических напряжений. Затем по рискам размалывают пластину на прямоугольные или квадратные кристаллы. При втором способе пластину прорезают режущим инструментом насквозь.



**Рис. 1.15.2.**Скрайберные дорожки

Существуют следующие способы разделения пластин на кристаллы:

- резка пластин на кристаллы диском с алмазной режущей кромкой или с применением абразива;
- резка пластин на кристаллы стальными полотнами и проволокой с применением абразива;
- ультразвуковая резка пластин;
- разделение пластин на кристаллы травлением.

Если же используется скрайбирование пластин, то возможны следующие методы:

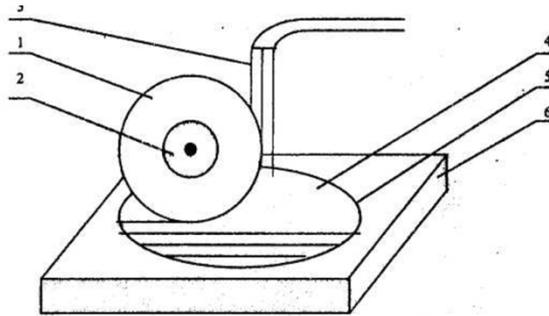
- алмазное скрайбирование;
- лазерное скрайбирование;
- электронно-лучевое скрайбирование.

Для подложек тонкоплёночных схем используемая керамика с высоким содержанием окиси алюминия, является слишком твёрдой для обычного скрайбирования и разламывания. Для резки керамических подложек применяется распиливание алмазным диском.

Рассмотрим основные методы, которые используются в микроэлектронике.

### **1.15.2. РЕЗКА ПЛАСТИН ДИСКОМ С АЛМАЗНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ**

Одним из методов, который используется для разделения пластин на подложки, является разрезание их диском с алмазной режущей кромкой (ДАР). Схема такой установки приведена на рис. 1.15.3.



**Рис. 1.15.3.** Схема разрезания подложки с использованием ДАР:

- 1 – диск; 2 – фланцы; 3 – подача жидкости для охлаждения;  
4 – подложка; 5 – клеящая мастика; 6 – основание

Диск 1 крепится на установке с помощью фланца 2. Подложка 3 закрепляется на основании 6 с помощью специальной мастики 5.

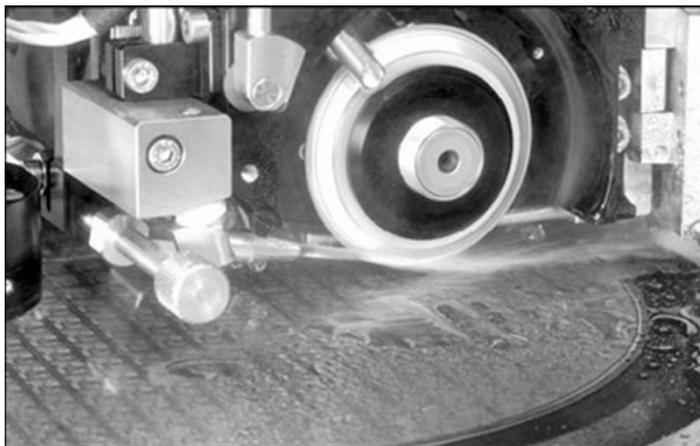
Каждое алмазное зерно представляет собой микрорезец, который снимает мельчайшие стружки с обрабатываемой поверхности полупроводникового материала. Резка производится на высоких скоростях (около 5000 об/мин) с одновременным участием в резании большого количества алмазных зёрен, и результате чего достигается высокая производительность обработки. При резке выделяется большое количество тепла, поэтому ДАР необходимо охлаждать водой или специальной охлаждающей жидкостью (рис. 1.15.4).

Для увеличения производительности на шпинделе станка через прокладку размещают несколько ДАР (в среднем до 200). Толщину прокладок выбирают в зависимости от требуемых размеров обработки.

Достоинства метода:

- простота;
- легкость осуществления в производстве;
- алмазная кромка диска обладает высокой режущей способностью.

Главным недостатком метода является невысокая жесткость ДАР, зависящая в основном от соотношения его размеров (толщины и внешнего диаметра).



**Рис. 1.15.4.**Резка подложки с использованием ДАР

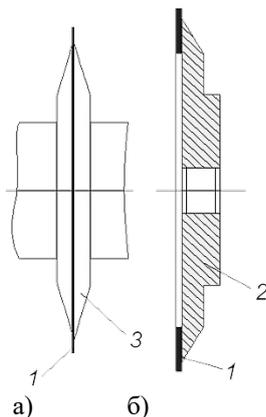
Есть несколько способов увеличения жесткости ДАР:

- увеличение скорости вращения ДАР, но при большом числе оборотов (свыше 10 000 об/мин) возникают вибрации станка и режущего инструмента;
- применение более толстой основы ДАР, но в результате получается большая ширина пропила, что ведет к увеличению потери полупроводникового материала;
- уменьшение разности внешнего диаметра ДАР и прижимных фланцев или прокладок (рис. 1.15.5); режущая кромка должна выступать за края прокладок не более чем на 1,5 толщины разрезаемого материала.

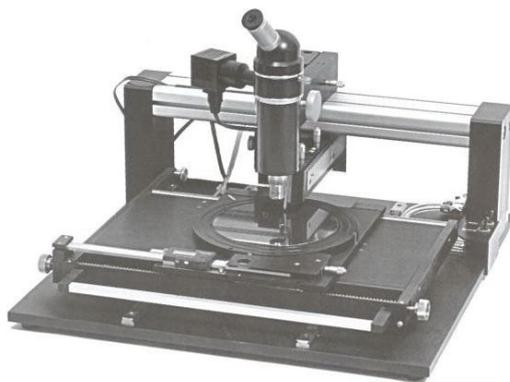
### **1.15.3. АЛМАЗНОЕ СКРАЙБИРОВАНИЕ**

Для алмазного скрайбирования используются алмазные скрайберы (рис. 1.15.6).

Данный метод основан на нанесении рисок с использованием алмазного резца (рис. 1.15.7). Используются резцы в форме трехгранной или усеченной четырехгранной пирамиды. Режущие элементы – ребра.



**Рис. 1.15.5.** Конструкция современных ДАР:  
 а – резиноидный или спрессованный; б – полученный методом гальваностегии; 1 – алмазное лезвие; 2 – корпус диска; 3 – обкладка

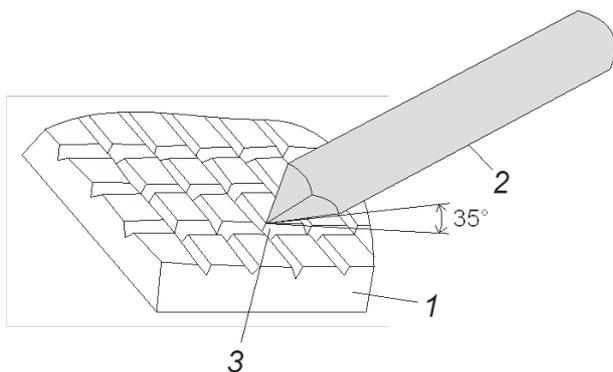


**Рис. 1.15.6.** Алмазный скрайбер

Ширина риски не превышает 10...20 мкм, глубина – 5...10 мкм. Скорость движения резца составляет 50...75 мм/с, нагрузка на резце 1,2...1,4 Н.

Качество скрайбирования и последующей ломки в значительной степени зависят от состояния рабочей части алмазного резца. Работа резцом с изношенным режущим ребром или вершиной приводит к сколам при скрайбировании и некачественной ломке.

Можно использовать 2 вида резцов. Чаще всего используют резцы из натурального алмаза. Их достоинство – меньше износ, однако они обладают более высокой стоимостью. Можно использовать также резцы из синтетического алмаза, которые дешевле.



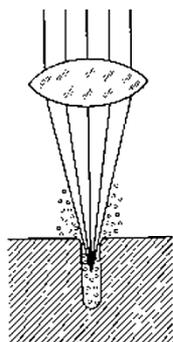
**Рис. 1.15.7.** Скрайбирование алмазным резцом;  
1 – полупроводниковая пластина; 2 – резец; 3 – режущая грань

Достоинства метода:

- высокая культура производства;
- малая ширина прорези;
- отсутствие потерь полупроводникового материала.

#### 1.15.4. ЛАЗЕРНОЕ И ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЕ СКРАЙБИРОВАНИЕ

При лазерном скрайбировании разделительные риски между готовыми структурами создают испарением узкой полосы полупроводникового материала с поверхности пластины во время ее перемещения относительно сфокусированного лазерного луча (рис. 1.15.8). Получаемая при этом канавка узкая (до 25...40 мкм) и глубокая (до 50...100 мкм).



**Рис. 1.15.8.** Лазерное скрайбирование

В качестве оборудования используется импульсный оптический квантовый генератор. Частота следования импульсов 5...50 кГц, длительность импульса – 0,5 мс.

Достоинства метода:

- получают глубокие разделительные канавки.
- высокая производительность (100...200 мм/с).
- отсутствие на полупроводниковой пластине микротрещин и сколов
- значительно большая точность обработки и разделения пластин на отдельные элементы
- отсутствие износа инструмента
- возможность получения надрезов с ровными и чистыми краями без загрязнения микросхем отходами резки
- малая область воздействия и минимальная зона термического влияния
- возможность нанесения более глубоких, по сравнению с механическими методами, надрезов, без приложения усилий к разделяемому материалу.
- экологичность процесса.
- 100% повторяемость.

Недостатком метода лазерного скрайбирования является разбрызгивание продуктов обработки – частиц испаряемого и расплавленного полупроводникового материала, из-за чего необходима защита рабочей поверхности пластины.

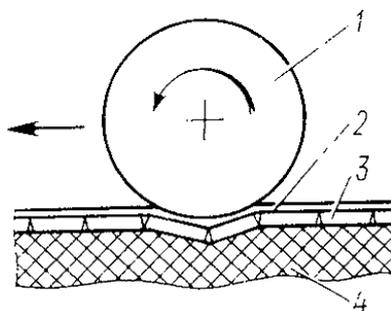
Существует еще один схожий метод – электронно-лучевое скрайбирование, в котором вместо лазера используется остросфокусированный электронный луч, который производит микрорасплавление локального участка поверхности пластины. Процесс нагрева и охлаждения локальных областей (бороздок) пластины происходит в течение короткого промежутка времени, что вызывает возникновение термомеханических напряжений в области созданных электронным лучом бороздок.

### 1.15.5. РАЗДЕЛЕНИЕ СКРАЙБИРОВАННЫХ ПЛАСТИН

После того, как пластина была скрайбирована, ее необходимо разделить на отдельные кристаллы. Разделение проходит по рискам, которые служат концентраторами механических напряжений.

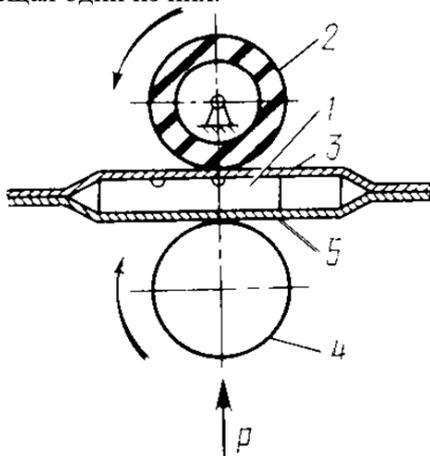
Существует несколько способов разделения скрайбированных пластин. Для этого можно использовать валик, который должен двигаться параллельно направлению скрайбирования, иначе ломка будет происходить не по рискам (рис. 1.15.9). Брак может проявиться также в том случае, если полоски или отдельные кристаллы смещаются относительно друг друга в процессе ломки. Поэтому перед ломкой пластины покрывают сверху тонкой эластичной полиэтиленовой пленкой 2, что позволяет сохранить

ориентацию кристаллов в процессе ломки и избежать произвольного разламывания и царапания друг друга. Смещения кристаллов можно также избежать, поместив пластину перед разламыванием в герметичный полиэтиленовый пакет и откачав из него воздух. Пластина изгибается и разламывается по рискам, вначале на полоски, а после поворота на  $90^\circ$  - на кристаллы.



**Рис. 1.15.9.** Ломка скрайбированных пластин с помощью валика:  
1 — валик; 2 — защитная пленка; 3 — кристалл; 4 — опора

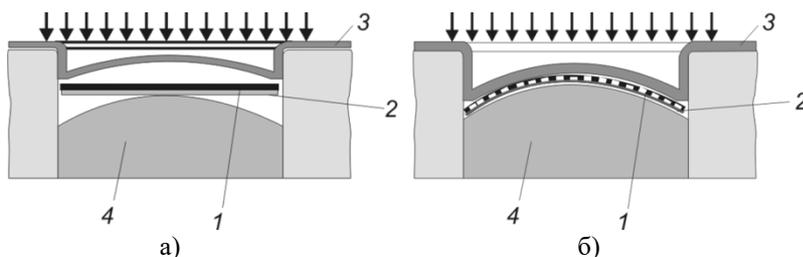
Можно также разламывать пластину прокатыванием между двумя валиками (рис. 1.15.10). верхним упругим (резиновым) 2 и нижним стальным 4. Для сохранения первоначальной ориентации кристаллов пластину закрепляют на термопластичной или адгезионной пленке-носителе 5 и защищают ее рабочую поверхность полиэтиленовой или лавсановой пленкой 3. Расстояние между валиками, определяемое толщиной пластины, устанавливают, перемещая один из них.



**Рис. 1.15.10.** Разламывание полупроводниковой пластины прокатыванием между валиками: 1 — пластина; 2 — упругий валик;  
3 — защитная пленка; 4 — стальной валик; 5 — пленка-носитель

При прокатке более упругий валик в зависимости от толщины пластины деформируется и к ней прикладывается нагрузка, пропорциональная площади ее поперечного сечения или длине скрайберной риски. В данном методе обеспечивается нагрузка, пропорциональная длине скрайберной риски.

Еще одним методом является разламывание пластины на сферической опоре (рис. 1.15.11). В данном методе пластина 1, зафиксированная тонкой пленкой 2, размещается на упругой диафрагме 3. Пневмическим или гидравлическим способами диафрагма сжимается и прижимает пластину к сферической опоре 4 (рис. 1.15.11, б).



**Рис. 1.15.11.** Схема разламывания пластины на сферической опоре:

а – исходное состояние; б – диафрагма прижимает пластину к сферической опоре; 1 – полупроводниковая пластина; 2 – тонкая плёнка; 3 – упругая диафрагма; 4 – сферическая опора

Достоинствами этого способа являются простота, высокая производительность, (ломка занимает не более 1...1,5 мин) и одностадийность, а также достаточно высокое качество, так как кристаллы не смещаются относительно друг друга.

**ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ 15**

Вопрос 1	В чем недостаток лазерного скрайбирования?
Ответы:	
1	Необходимо защищать подложку от осаждения на нее испаренного вещества.
2	Возникновение микротрещин и сколов.
3	Возможен перегрев подложки из-за термического влияния
Вопрос 2	Для чего увеличивают скорость ДАР?
Ответы:	
1	Для повышения жесткости тонкого диска.
2	Для увеличения производительности.
3	Для снижения механических напряжений в разрезаемой подложке.