



**САМАРСКИЙ** УНИВЕРСИТЕТ  
SAMARA UNIVERSITY

Основные технологические процессы  
и оборудование микроэлектроники  
(выращивание кристаллов,  
ориентировка, резка полировка).

Выполнил: Астаев Д.А.  
группа 5310

Самара, 2016



Введение.....	3
Основные этапы технологического процесса производства п/п структур.....	4
Выращивание кристаллов.....	5
Ориентировка кристаллов.....	10
Резка кристаллов.....	11
Полировка кристаллов.....	13



С момента появления микроэлектроники сохраняется тенденция к уменьшению размеров полупроводниковых структур, что способствует улучшению их характеристик, таких как:

- энергопотребление,
- рабочие частоты,
- стоимость
- размер готовых устройств.

Создание современных микроструктур в серийном производстве требует строгого соблюдения этапов технологического процесса.

Целью данной работы является изучение таких этапов технологического процесса, как:

- выращивание кристалла,
- ориентировка,
- резка,
- полировка.



1. Подготовка подложки
  - a. *выращивание кристалла*
  - b. *ориентировка*
  - c. *резка*
  - d. *полировка*
2. Химическая обработка подложки
3. Нарастивание слоя полупроводника
4. Литография
5. Металлизация
6. Разделение на кристаллы
7. Сборка
8. Выходной контроль



Выращивание монокристаллов осуществляется из:

- газов,
- расплавов,
- растворов.

**Различные способы выращивания кристаллов - это различные способы отвода теплоты кристаллизации.**

В микроэлектронике этот процесс используется для создания полупроводниковых монокристаллических кремниевых или германиевых подложек.

В основном используются:

- метод Чохральского,
- метод зонной плавки.



**Метод Чохральского.** Метод было разработан польским химиком *Яном Чохральским* и первоначально использовался им для измерения степени кристаллизации металлов (олово, цинк, свинец).

Метод относится к тигельным и состоит в выращивании монокристаллов путём вытягивания их вверх от свободной поверхности большого объёма расплава с инициацией начала кристаллизации путём приведения затравочного кристалла заданной структуры и кристаллографической ориентации в контакт со свободной поверхностью расплава.

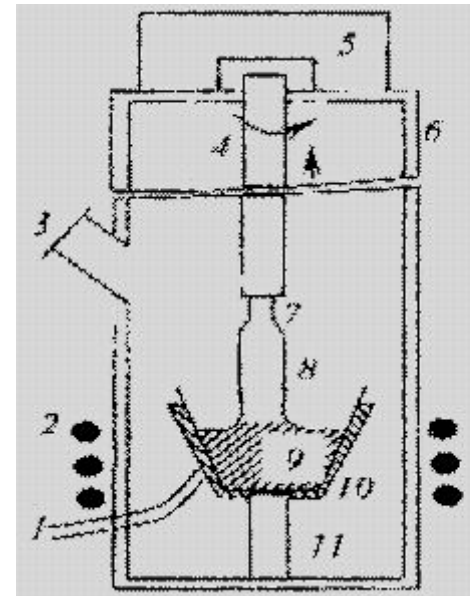


Рисунок 1 - схема установки для выращивания монокристалла методом Чохральского



## Преимущества метода:

- отсутствие прямого контакта между стенками тигля и кристаллом, что способствует получению ненапряженных монокристаллов;
- возможность извлечения кристалла из расплава на любом этапе выращивания;
- возможность изменения геометрической формы кристалла при варьировании температуры.

## Недостатки:

- тигель может стать источником загрязнения



Рисунок 2 - установка для выращивания монокристаллов германия методом Чохральского



**Метод зонной плавки.** Метод является разновидностью направленной кристаллизации, от которой отличается тем, что в каждый момент времени расплавленной является ограниченная часть образца. Кристаллизация производится в специальной лодочке. В нее помещается исходный поликристаллический материал и монокристаллическая затравка. Специальным нагревателем слиток плавят на небольшом участке, в узкой зоне у затравки, далее зона расплавленного металла перемещается с определенной скоростью вдоль слитка от затравки, на поверхности которой начинается кристаллизация. Перемещение зоны может происходить как с помощью движения нагревателя вдоль слитка, так и движения слитка сквозь нагреватель.

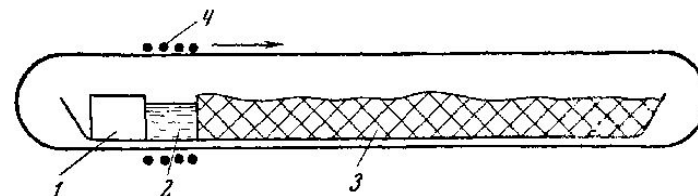


Рисунок 3 - Схема установки для зонной плавки: 1 - затравка, 2 - расплавленные зоны, 3 - поликристаллический слиток, 4 - нагреватель







Одно из *преимуществ* метода зонной плавки состоит в простоте его исполнения. Аппаратура состоит из печи, поддерживающей температуру всего слитка, нагревателя создающего расплавленную зону длиной не более  $1/10$  длины слитка, приспособления для поддержания слитка и устройства для перемещения зоны вдоль слитка.

Основной недостаток - невозможность масштабирования, так как скорость процесса определяется скоростью диффузии примеси.



Рисунок 4 - установка для выращивания монокристаллов методом зонной плавки



Ориентировка кристалла называют положение кристаллографических осей решетки кристалла или зерна относительно внешних координатных осей либо соответствующих осей другого кристалла или зерна.

Ориентировку кристаллов устанавливают по так называемым фигурам травления - геометрически правильным углублениям или выступам, ограниченным кристаллографическими плоскостями. Измеряя углы между гранями или определяя направления ребер, на фигурах травления можно установить ориентировку каждого кристаллита.

После охлаждения выращенного кристалла производится травление его поверхности на глубину 0.3-0.5 мм и ориентация по заданному кристаллографическому направлению, чтобы получить после резки пластины ориентированный строго в заданной плоскости.



Для формирования полупроводниковых подложек выращенный монокристалл разрезают по нормали к его оси.

Существует несколько методов резки:

- алмазным диском с внутренней режущей кромкой, который вращается со скоростью 3000-5000 оборотов в минуту. Держатель со слитком перемещается поступательно до тех пор, пока не происходит полное отделение. После этого держатель отводится в исходное положение. В течении всего процесса на рабочую поверхность диска подается охлаждающая жидкость. Качество резки сильно зависит от применяемой жидкости и ее расхода.
- Проволокой с применением абразива. Используется как возвратно-поступательное движение намотанной проволоки, так и ее перемотка с одного валика на другой. Разрезаемый слиток подводят к движущейся проволоке до соприкосновения и устанавливают необходимую скорость его подачи. При этом на проволоку непрерывно подается абразивная суспензия. Обычно используются проволоки из вольфрама, стали, никеля, нихрома.



Рисунок 5 - установки для резки монокристаллов: слева - алмазным диском с режущей кромкой, справа - проволокой с применением абразива.



Разрезанные пластин имеют множество поверхностных повреждений и неровностей. Для их устранения пластины шлифуются и полируются.

Методы полировки:

- механическая полировка производится с использованием мягких тканых и не тканых материалов и бывает следующих видов:
  - абразивная с постепенным уменьшением абразива;
  - тонкая полировка мягким полирующим составом;
- химико-механическая полировка обычно дает лучший результат, производится с использованием абразивных смесей, изготовленных на основе щелочей, которые реагируют с кремнием.



**САМАРСКИЙ** УНИВЕРСИТЕТ  
SAMARA UNIVERSITY

**БЛАГОДАРЮ  
ЗА ВНИМАНИЕ**

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086  
Тел.: +7 (846) 335-18-26 , факс: +7 (846) 335-18-36  
Сайт: [www.ssau.ru](http://www.ssau.ru), e-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru)