

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова  
Кафедра микроэлектроники

# **Методы контроля технологических процессов в электронике**

*Методические указания  
по выполнению лабораторных работ*

*Рекомендовано  
Научно-методическим советом университета  
для студентов специальности Микроэлектроника  
и полупроводниковые приборы*

Ярославль 2005

ББК 3 85я73  
УДК 621.37/.39:621.317  
М 54

*Рекомендовано  
редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного издания. План 2005 года*

Рецензент  
кафедра микроэлектроники Ярославского государственного  
университета им. П.Г. Демидова

Составитель **С.П. Зимин**

М 54     **Методы контроля технологических процессов в электронике:** Метод. указания по выполнению лабораторных работ / Сост. С.П. Зимин; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль: ЯрГУ, 2005. – 64 с.

В методических указаниях содержатся теоретические сведения и излагается порядок выполнения лабораторных работ. Выполнено в соответствии с государственным образовательным стандартом.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 014100 Микроэлектроника и полупроводниковые приборы (дисциплина «Основы технологии интегральных и низкоразмерных систем», блок ОПД), очной формы обучения.

Ил. 21. Табл. 11. Библиогр.: 30 назв.

ББК 3 85я73  
УДК 621.37/.39:621.317

© Ярославский государственный университет, 2005  
© С.П. Зимин, 2005

# Лабораторная работа № 1

## Входной контроль монокристаллических кремниевых пластин

**Цель работы** - изучить основные параметры кремниевых пластин; провести контроль геометрических параметров; измерить прогиб и непараллельность; определить тип проводимости кремниевых пластин.

### Краткая теория работы

#### *Полупроводниковые пластины и их параметры*

Основными исходными материалами для изготовления интегральных схем являются монокристаллические полупроводниковые пластины круглой формы диаметром 40 - 200 мм и толщиной 350 - 700 мкм из кремния, германия, арсенида галлия, антимонида индия и т.д., на которых методами планарной технологии формируют элементы, имеющие микронные и субмикронные размеры. Для получения кремниевых приборов и интегральных схем применяемые полупроводниковые пластины должны удовлетворять жестким требованиям по геометрическим размерам, кристаллографической ориентации, электрофизическим параметрам (концентрации и подвижности носителей заряда), и т.д.

Для характеристики полупроводниковых пластин производится их маркировка. Первая буква (или две) означают исходный материал (К – кремний, Г – германий, АГ – арсенид галлия), вторая буква – тип проводимости (Э – электронная, Д – дырочная), третья буква (или две) – легирующие элементы (Б – бор, Ф – фосфор, С – сурьма, З – золото, Г – галлий, Ц – цинк, Т – теллур, и т.д.). После буквенного обозначения стоит число, указывающее номинальное удельное сопротивление в Ом\*см. Так, обозначение КЭФ-1,0 соответствует кремнию электронного типа проводимости, легированному фосфором и имеющему удельное сопротивление 1 Ом\*см. Монокристаллический кремний общего назначения КЭФ, КДБ, КЭС, КЭФЗ выпускается пятнадцати групп [1] и имеет величину удельного сопротивления

от 0,005 до 2 000 Ом\*см. Допускается разброс удельного сопротивления от номинала в пределах от 7 до 40% в зависимости от номера группы.

Монокристаллические кремниевые пластины, предназначенные для эпитаксиальных структур, имеют на первом месте букву "Э" и выпускаются десяти групп [2] с удельным сопротивлением 0,005 – 30 Ом\*см *p*-типа и 0,01 – 40 Ом\*см *n*-типа проводимости.

В том случае, когда на пластину нанесен эпитаксиальный слой кремния, обозначение производится в виде дроби  $\left(60 \frac{80KДБ - 0,5}{200KЭС - 0,01}\right)$ , где цифра перед дробью указывает диаметр пластины, первая цифра в числителе – толщину эпитаксиального слоя, а в знаменателе – толщину пластины, буквы и цифры в числителе и знаменателе – марки эпитаксиального слоя и пластины.

Полупроводниковые пластины различных диаметров обычно имеют разные толщины (табл. 1), и увеличение толщины пластин с увеличением диаметра необходимо для сохранения их жесткости, так как пластины с заниженной толщиной сильно деформируются и раскалываются при проведении технологических операций.

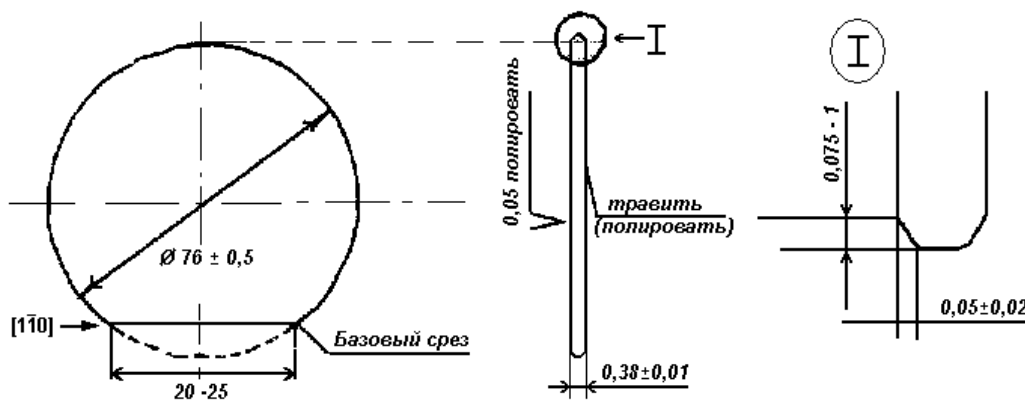


Рис. 1. Чертеж кремниевой пластины КДБ-10 ориентации (111)

На рисунке 1 показан вид кремниевой пластины. Она имеет базовый срез и скругленный край по периферии (разрез I на рис. 1). Базовый срез определяет кристаллографическую ориентацию в пластине. Например, в пластине КДБ-10 с ориентацией (111) (т. е. с кристаллографическим направлением [111] нормально к пластине) соответствует направлению  $[1\bar{1}0]$ . Технологическая операция снятия фаски введена для предотвращения появления сколов и трещин при ударах об

опоры и края кассет. Скругленный край позволяет также избавиться от возникновения краевого утолщения при нанесении фоторезиста. Рабочая сторона пластин должна быть полированной, высокой степени структурного совершенства. Механические нарушения (риски, царапины, микротрещины, выколы) приводят к изменению характеристик ИМС. Нерабочая сторона может быть шлифовано-травленной или полированной.

Таблица 1

***Размеры и толщина пластин кремния и арсенида галлия***

<i>Диаметр, мм</i>	<i>Номинальная толщина, мкм</i>	
	<i>Кремний</i>	<i>Арсенид галлия</i>
60	350	520, 560, 600
76	380, 420, 450, 500	670, 710, 750
100	460, 500, 560, 580, 600	≈1000
150	675	—
200	900	—

Наряду с базовым срезом, который определяет кристаллографическую ориентацию пластины и служит для базирования пластин в устройствах фотолитографии, на пластинах существуют дополнительные срезы под углами 45°, 90°, 135° или 180° к основному и имеющие длину 7 – 13, 9 – 11 и 16 – 20 мм для пластин диаметром 60, 76 и 100 мм. Дополнительные срезы предназначены для обозначения марки полупроводникового материала, его типа проводимости и кристаллографической ориентации пластины. В таблице 2 показано, как по виду пластины определить марку полупроводника, удельное сопротивление и кристаллографическую ориентацию. Длины базового и дополнительных срезов строго регламентированы и зависят от диаметра пластины.

В таблице 3 сведены основные геометрические параметры кремниевых пластин и допустимые отклонения от них. Диаметр полупроводниковых пластин измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях штангенциркулем, толщину пластины измеряют многооборотным индикатором в центре пластины. Измерения длины базового и дополнительного срезов производят линейкой с ценой деления 1 мм.