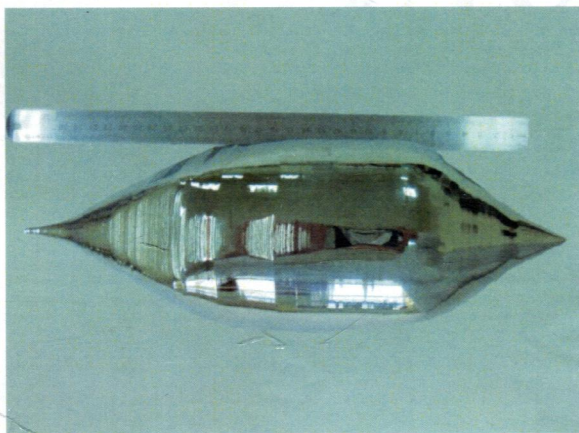


О. И. Подкопаев  
А. Ф. Шиманский

# ВЫРАЩИВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ДИСЛОКАЦИЙ И ПРИМЕСЕЙ

Монография



Институт цветных металлов и материаловедения



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

**О. И. Подкопаев, А. Ф. Шиманский**

**ВЫРАЩИВАНИЕ  
МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ  
С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ  
ДИСЛОКАЦИЙ И ПРИМЕСЕЙ**

Монография

Красноярск  
СФУ  
2013

УДК 669-172  
ББК 34.203.4  
П44

**Рецензенты:**

*И. В. Трифанов*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством и стандартизации ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнёва»;

*В. А. Фёдоров*, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой неорганической химии ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

**Подкопаев, О. И.**

П44 Выращивание монокристаллов германия с низким содержанием дислокаций и примесей : монография / О. И. Подкопаев, А. Ф. Шиманский. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 104 с.

ISBN 978-5-7638-2822-1

В монографии обобщен экспериментальный материал отечественных и зарубежных ученых по проблеме получения монокристаллов германия с низким содержанием дислокаций и примесей. Представлены собственные результаты авторов по выращиванию малодислокационных и особо чистых кристаллов германия, разработке новых контейнерных материалов, исследованию поведения кислорода в германии и его влияния на структурное совершенство монокристаллов.

Предназначена для специалистов, занимающихся изучением и производством полупроводников, а также студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Материаловедение и технологии материалов», «Химическая технология монокристаллов, материалов и изделий электронной техники».

УДК 669-172  
ББК 34.203.4

ISBN 978-5-7638-2822-1

© Сибирский федеральный университет, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ДИСЛОКАЦИЙ И ПРИМЕСЕЙ	5
1.1. Выращивание монокристаллов германия с низкой плотностью дислокаций методом Чохральского....	5
1.2. Выращивание кристаллов особо чистого германия методом Чохральского.....	18
1.3. Модифицированный метод Степанова.....	25
1.4. Метод осевого теплового потока вблизи фронта кристаллизации.....	27
1.5. Вертикальный метод Бриджмена и метод замораживания в поле градиента температуры.....	28
1.6. Бестигельные методы.....	33
1.7. Моделирование роста монокристаллов.....	34
1.7.1. Физическое и численное моделирование тепло- и массообмена при выращивании кристаллов из расплава по Чохральскому.....	34
1.7.2. Пример моделирования тепловых условий выращивания кристаллов на базе программы CGSim	38
2. КИСЛОРОД В ГЕРМАНИИ.....	44
2.1. Термодинамический анализ поведения кислорода в германии	44
2.1.1. Взаимодействие кислорода в газовой фазе с расплавом в процессе выращивания монокристаллов германия в среде инертного газа.....	46
2.1.2. Кристаллизация германия в среде водорода.....	49
2.2. Исследование содержания оптически активного кислорода в монокристаллическом германии.....	52
3. КОНТЕЙНЕРЫ ДЛЯ ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГЕРМАНИЯ.....	63
3.1. Контейнеры на основе аморфного оксида кремния.....	63
3.2. Изготовление комбинированных контейнеров из аморфного оксида кремния по керамической технологии	72
3.3. Нанесение покрытий на контейнеры из плавленого кварца	75
3.4. Смачивание контейнерных материалов расплавом германия	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	92