

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования


ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.М. МАШЕРОВА

УДК 621.382(047.31)  
№ госрегистрации № 20062005 от 16.11.2006

ББК 32.843я03+32.852я03  
488

Утверждаю

Проректор по научной работе  
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»

 Прищепа М.П.

17. 12 2010 г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

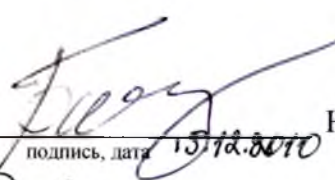
ИССЛЕДОВАТЬ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ  
СТРУКТУРЫ КРЕМНИЕВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ  
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И РАЗРАБОТАТЬ НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛАЗЕРНОГО ГЕТТЕРИРОВАНИЯ  
КРЕМНИЕВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН

(заключительный)

за 2006-2010 г.г.

ГКПНИ «Материалы в технике», задание «Материалы в технике 2.04»

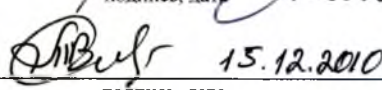
Научный руководитель НИР,  
декан физического факультета УО ВГУ  
канд. физ.-мат. наук



Ю.И. Бохан

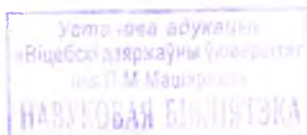
подпись, дата 15.12.2010

Нормоконтролер



Т.В. Харкевич

подпись, дата 15.12.2010



Витебск 2010

Н-312

## Список исполнителей

Руководитель работы, декан  
физического факультета  
канд. физ.-мат. наук, доцент

  
15.12.2010г.

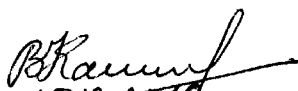
Ю.И. Бохан  
(раздел 1, 4, заключение)

Зам. декана физического  
факультета, ст.  
преподаватель

  
15.12.2010

Д.Т. Дубаневич  
(раздел 2, 3)

Инженер-конструктор


  
15.12.2010

В.С. Каменков  
(раздел 2, 3, 4)

Доцент, канд. физ.-мат. наук

Ф.П. Коршиков  
(раздел 1)

Научный сотрудник

  
15.12.2010

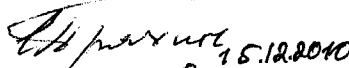
С.Е. Мозжаров  
(раздел 2, 4)

Инженер-конструктор

  
15.12.2010


Пеньшин С.Н.  
(раздел 2, 3, 4)

Научный сотрудник

  
15.12.2010

С.С. Пряхин  
(раздел 4)

Профессор,  
доктор физ.-мат. наук

  
15.12.2010

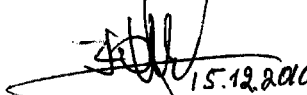
Н.К. Толочко  
(раздел 1, 2, 3, 4)

Научный сотрудник, канд.  
физ.-мат. наук

  
15.12.2010

Ю.В. Хлопков  
(раздел 1, 3)

Преподаватель

  
15.12.2010

Ю.А. Шиенок  
(раздел 2, 4)

## Реферат

Отчет 228 с., 1 ч., 76 рис., 49 табл., 33 источника, 12 прил.,

### ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА, ГЕТТЕРИРОВАНИЕ, КРЕМНИЙ, СТРУКТУРА, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР

Объектом исследования являются процессы лазерного геттерирования кремниевых полупроводниковых пластин.

Цель работы – исследование закономерностей и оптимизация процессов лазерного геттерирования кремниевых полупроводниковых пластин.

В процессе работы проводилось исследование характера влияния условий лазерной обработки кремниевых пластин на морфологию поверхности пластин, динамику распределения температур, распределение микродефектов, электрофизические свойства пластин.

В результате работы, проводимой в рамках программы совместных экспериментальных работ ВГУ и ПРУП «Завод «Транзистор», выполнено следующее: разработаны методики исследования морфологического и структурного модифицирования пластин в зависимости от условий лазерного геттерирования; проведены эксперименты по лазерному геттерированию пластин с разной кристаллографической ориентацией и качеством поверхности при различных параметрах лазерной обработки (общее количество обработанных пластин около 150 шт.); проведены микроскопические исследования обработанных пластин и оценена эффективность геттерирования по методике, используемой ПРУП «Завод «Транзистор»; установлена и проанализирована корреляция между эффектами морфологического и структурного модифицирования пластин и условиями лазерного геттерирования; теоретически исследована динамика распределения температур при нагреве пластин лазерным излучением; разработаны научные подходы к определению оптимальных режимов лазерного геттерирования; исследованы электрофизические свойства пластин; определены оптимальные сочетания энергетических, пространственных и временных характеристик лазерного геттерирования, повышающих устойчивость пластин к циклической термообработке, улучшающих электрофизические свойства пластин; разработана методика проведения лазерной обработки пластин в режимах, создающих геттерный слой с допустимыми значениями величины прогиба пластин; проведен анализ общего технологического процесса производства полупроводниковых приборов и места в нем операций геттерирования; проведена сравнительная оценка различных вариантов оптимизации режимов лазерной обработки и разработана схема технологического процесса лазерного геттерирования пластин с учетом оптимизированных режимов лазерной обработки; проведены совместно ПРУП «Завод «Транзистор» работы по оптимизации процессов лазерного геттерирования на изделии IZ431 (СФНК – 475).

Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности технологических процессов производства и улучшения качества кремниевых пластин.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Введение

### **1. Разработка научных подходов к определению оптимальных режимов лазерного геттерирования кремниевых пластин**

1.1. Разработка методик исследования морфологического и структурного модифицирования кремниевых пластин в зависимости от условий лазерного геттерирования

1.1.1. Структурные свойства кремниевых пластин

1.1.2. Оптические свойства кремниевых пластин

1.1.3. Пределы изменения параметров процесса лазерного геттерирования

1.1.4. Методика исследования морфологического и структурного модифицирования кремниевых пластин в зависимости от условий лазерного геттерирования

1.2. Лазерное геттерирование кремниевых пластин при различных параметрах лазерной обработки

1.2.1. Технологическая схема проведения экспериментальных работ по лазерному геттерированию

1.2.2. Общая характеристика экспериментальных работ по лазерному геттерированию

1.3. Установление и анализ корреляции между эффектами морфологического и структурного модифицирования кремниевых пластин и условиями лазерного геттерирования

1.3.1. Оценка эффективности экспериментального лазерного геттерирования кремниевых пластин по показателям дефектности для различных режимов обработки

1.3.2. Микроскопические исследования поверхности кремниевых пластин после их обработки лазерным излучением с последующим отжигом и травлением

1.3.3. Анализ показателей структурного модифицирования кремниевых пластин и их зависимости от режимов лазерного геттерирования

1.3.4. Особенности геттерирования кремниевых пластин излучением импульсного лазера

1.4. Разработка научных подходов к определению оптимальных режимов лазерного геттерирования

1.4.1. Анализ и установление критичных параметров лазерного геттерирования, влияющих на создание заданной морфологической структуры и показатели дефектности поверхности кремниевых пластин при их дискретном изменении

1.4.2. Анализ температурных режимов и их корреляция с создаваемой морфологической структурой и емкостью геттера при нагреве кремниевых пластин лазерным излучением

1.4.3. Исследования температурных полей в кремниевых пластинах в зонах лазерного геттерирования на основе расчетов и моделирования процессов нагрева

## **2. Исследования структурных свойств кремниевых пластин и кинетических закономерностей лазерного геттерирования**

2.1. Экспериментальные исследования структурных свойств создаваемых геттерных слоев на поверхности кремниевых пластин

2.2. Исследования эффективности лазерного геттерирования кремниевых пластин, имеющих различную степень чистоты поверхности

2.3. Сравнительная оценка кремниевых пластин различной кристаллографической ориентации по показателям дефектности

2.4. Установление доминирующих факторов лазерного геттерирования кремниевых пластин

2.5. Выводы по результатам обработки кремниевых пластин различной кристаллографической ориентации

2.6. Предварительные исследования электрофизических свойств кремниевых пластин с кристаллографической ориентацией типа «100»

2.7. Экспериментальное установление факторов, ограничивающих эффективность геттерирования кремниевых пластин, имеющих шлифованную нерабочую поверхность

## **3. Исследования электрофизических свойств кремниевых пластин с учетом их структурного модифицирования в процессе лазерного геттерирования**

3.1. Анализ параметров технологического процесса и операций, содержащих термический нагрев кремниевых пластин

3.2. Исследования изменения показателей дефектности кремниевых пластин при их циклической термообработке в процессе создания полупроводниковых структур

3.2.1. Выбор показателей дефектности пластин для оценки их изменения при циклических воздействиях температуры

3.2.2. Разработка плана факторного эксперимента для исследования изменений показателей дефектности кремниевых пластин и их влияния на электрофизические параметры создаваемых полупроводниковых структур

3.2.3. Исследования показателей дефектности и состояния поверхности кремниевых пластин после лазерного геттерирования

3.3. Анализ устойчивости кремниевых пластин типа «111» с нанесенным геттерным слоем к циклической термообработке

3.4. Исследование и установление сочетаний энергетических, пространственных и временных характеристик лазерного геттерирования, обеспечивающих улучшение электрофизических свойств пластин

3.4.1. Уточнение методики оценки времени жизни неосновных носителей кремниевых пластин с учетом особенностей физической модели процесса лазерного геттерирования

3.4.2. Анализ эффектов, возникающих при лазерном геттерировании кремниевых пластин, имеющих матовую поверхность и кристаллографическую ориентацию типа «111», в части их влияния на электрофизические показатели и параметры при последующем формировании полупроводниковых структур

3.4.3. Экспериментальные исследования кремниевых пластин с кристаллографической ориентацией типа «111» и матовой поверхностью нерабочей стороны

3.4.4. Экспериментальные исследования рабочей партии кремниевых пластин, имеющих кристаллографическую ориентацию типа «111» и шлифовано-травленную поверхность нерабочей стороны

3.4.5. Экспериментальные исследования изменений геометрических и электрофизических параметров кремниевых пластин, прошедших операцию геттерирования

3.4.6. Установление оптимальных сочетаний энергетических, пространственных и временных характеристик лазерного геттерирования, улучшающих устойчивость геттерного слоя и кремниевых пластин типа «111» к циклической термообработке

**4. Исследование и оптимизация лазерного геттерирования с учетом воздействия термодиффузионного процесса при изготовлении полупроводниковых структур на кремниевых пластинах**

4.1. Исследования параметров кремниевых пластин, при их прохождении типового цикла технологического процесса после операции лазерного геттерирования

4.2. Предварительное установление корреляции между параметрами деформации кремниевых пластин и режимами их лазерной обработки

4.3. Исследование и уточнение оптимальных сочетаний характеристик лазерного геттерирования, создающих требуемую емкость геттерного слоя

- 4.4. Исследования изменений параметров деформации кремниевых пластин и выбор режима термодиффузионного процесса после нанесенного лазерного геттера
- 4.5. Анализ результатов оптимизации термодиффузионного процесса и уточнение режимов лазерной обработки кремниевых пластин с учетом их допустимой деформации
- 4.6. Оптимизация характеристик лазерного геттерирования с учетом воздействия термодиффузионного процесса
- 4.7. Сравнительная оценка вариантов оптимизированной обработки лазерным излучением кремниевых пластин.
- 4.8. Анализ общего технологического процесса и места группы операций геттерирования при производстве полупроводниковых приборов
- 4.9. Описание разработанного технологического пооперационного процесса геттерирования кремниевых пластин.
- 4.10. Анализ и выбор режима термодиффузионного процесса после нанесенного лазерного геттера на изделия IZ431 (СФНК- 475)
- 4.11. Разработка требований и рекомендаций к проведению процесса лазерного геттерирования на производстве

#### **Заключение**

#### **Список использованных источников**

- Приложение 1. Протокол согласования режимов проведения экспериментальной обработки
- Приложение 2. Протокол проведения экспериментальной обработки
- Приложение 3. Протокол проведения экспериментальной обработки
- Приложение 4. Протокол проведения экспериментальной обработки
- Приложение 5. Протокол проведения экспериментальной обработки