

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра управления инновациями (УИ)

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ
Заведующий кафедрой УИ,
к.ф.-м.н., доцент
_____ Г.Н. Нариманова
«__» _____ 20__ г.

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ «ТЕХНОЛОГИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН».
РЕАЛИЗАЦИЯ НА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ ПРЕДПРИЯТИИ АО
«НПФ «МИКРАН»**

Магистерская диссертация

по направлению подготовки 27.04.05 «Инноватика»

Выполнил:
Студент гр. 018-М
_____ А.С. Молчанов
«__» _____ 20__ г.

Руководитель:
Профессор кафедры УИ,
д-р экон. наук, профессор
_____ Е.А. Монастырный
«__» _____ 20__ г.

Томск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра управления инновациями (УИ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой УИ,
к.ф.-м.н., доцент

_____ Г.Н. Нариманова

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу (ВКР)

студенту гр. 018-М факультета инновационных технологий

Молчанову Александру Сергеевичу

- 1. Тема ВКР:** Инновационный проект «Технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин». Реализация на высокотехнологичном предприятии АО «НПФ «Микран».
- 2. Цель ВКР:** Реализовать инновационный проект «Технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин» на предприятии полупроводниковой промышленности АО «НПФ «Микран».
- 3. Задачи ВКР:**
 1. Провести поиск решения проблем, связанных со снижением качества готовых компонентов электронных схем.
 2. Разработать инновационный проект усовершенствования технологического процесса на предприятии полупроводниковой промышленности «Микран» с помощью существующей технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин.

3. Оценить стоимость необходимого оборудования для использования методов неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых образцов.
 4. Наладить сотрудничество между высокотехнологичным предприятием АО «НПФ «Микран» и школой ядерных технологий Томского Политехнического Университета.
 5. Разработать начальный эскиз лабораторного помещения в соответствии с промышленным участком предприятия «Микран».
 6. Провести маркетинговые исследования.
- 4. Срок сдачи ВКР в ГЭК:** « ___ » _____ 20__ г.
- 5. Технические требования:** Текст ВКР оформляется в соответствии с требованиями стандарта ОС ТУСУР 01-2013, в печатном виде с использованием персонального компьютера на бумаге формата А4 и сдается на кафедру в сброшюрованном виде.
- 6. Дата выдачи задания:** « ___ » _____ 20__ г.

Руководитель:

Профессор кафедры УИ, д-р экон. наук _____ Е.А. Монастырный

Задание принял к исполнению:

« ___ » _____ 20__ г. студент _____ А.С. Молчанов

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация объёмом 92 страниц состоит из введения, 6 глав, заключения, 16 рисунков, 6 таблиц, 30 литературных источников и 1 приложение.

Ключевые слова: контроль поверхности, методы ядерного анализа, резерфордовское обратное рассеяние, неразрушающий контроль.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы выступают методы ядерного анализа как технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин. Предметом исследования – высокотехнологичное предприятие АО «НПФ «Микран».

Цель настоящей работы заключается в реализации инновационного проекта «Технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин» на предприятии полупроводниковой промышленности АО «НПФ «Микран».

В процессе достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи: проведена статистика бракованных компонентов электронной схемы за последние несколько лет, проведен поиск решения проблем, связанных со снижением качества готовых компонентов электронных схем, разработан инновационный проект, оценена стоимость необходимого оборудования для использования методов неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых образцов, налажено сотрудничество высокотехнологичного предприятия АО НПФ «Микран» со школой ТПУ «Ядерных технологий», разработан начальный эскиз лабораторного помещения в соответствии с промышленным участком предприятия «Микран» и проведены маркетинговые исследования.

ABSTRACT

The master's thesis with a volume of 92 pages consists of an introduction, 6 chapters, conclusion, 16 figures, 6 tables, 30 literatures and 1 application.

Keywords: surface control, nuclear analysis methods, Rutherford backscattering, non-destructive testing.

The object of research of the final qualification work are the methods of nuclear analysis as a technology of non-destructive testing of the surface of semiconductor wafers. The subject of the study is a high-tech enterprise of NPF «Mikran», AO Company Profile.

The purpose of this work is to implement the innovative project "Technology of non-destructive testing of the surface of semiconductor wafers" "at the enterprise of the semiconductor industry of NPF «Mikran», AO Company Profile.

In the process of achieving this goal, the following tasks were performed: statistics on defective electronic circuit components over the past few years were carried out, a search was made for solutions to the problems associated with lowering the quality of finished electronic circuit components, an innovative project was developed, and the cost of the necessary equipment for using non-destructive testing of semiconductor surfaces was estimated samples, cooperation was established between the high-tech enterprise NPF «Mikran» and the TPU Nuclear Technologies school, an initial sketch of the laboratory room was developed in accordance with the industrial site of the «Mikran» enterprise, and marketing research was conducted.

Сокращения, обозначения, термины и определения

РОР – Резерфордское обратное рассеяние.

ЯО – Ядер отдачи.

ХРИ – Характеристическое рентгеновское излучение.

НТР – Научно-техническая разработка.

ЭО – Экспериментальное оборудование.

ПО – Программное обеспечение.

МЯР – Методика ядерных реакций.

НПФ – Научно-производственная фирма.

АО – Акционерное общество.

МЯА – Методы ядерного анализа.

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь.

СФО – Сибирский Федеральный Округ.

НИОКР – Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Содержание

Введение.....	9
1 Технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа.....	14
1.1 Методика Резерфордского обратного рассеяния.....	18
1.2 Методика ядерной отдачи.....	19
1.3 Методика ядерных реакций.....	20
2 АО «НПФ «Микран» как инновационная площадка для продвижения технологии.....	22
3 Технологический участок и необходимое оборудование.....	28
4 Реализация взаимодействия АО «НПФ «Микран» со школой ядерных технологий ТПУ.....	41
4.1 Результаты эксперимента.....	42
4.2 Обработка полученных результатов.....	45
5 Маркетинговые исследования.....	49
5.1 Проведение маркетинговых исследований.....	53
5.2 Проведение информационно-патентных исследований.....	59
5.3 Конкурентный анализ.....	66
5.4 Патентные исследования.....	69
6 Стоимостные оценки.....	77
6.1 Описание услуги.....	80
6.2 Описание целевой аудитории и их нужд на основе сформированной ценовой сметы.....	81
6.3 Описание экспертных семинаров по инвестиционным вложениям.....	83
6.4 Стоимость технологического процесса.....	83

Заключение	86
Список используемых источников.....	88
Приложение А	92

Введение

В настоящее время остро стоит вопрос поддержания качества обработки полупроводниковых пластин в электронной отрасли по производству полупроводниковых приборов. Для такой масштабной задачи требуются эффективные инновационные технологии качественной оценки состояния поверхности. Для разработки таких технологий могут быть использованы методики и способы определения элементного состава примесей на поверхности твердых тел с применением ядерных технологий.

Актуальность данной тематики обусловлена усовершенствованием технологического процесса предприятий полупроводниковой промышленности с целью снижения брака среди конечной высокотехнологичной продукции, взаимодействием высокотехнологичного предприятия с лабораториями высшего учебного заведения и научными центрами, а также распространением информации о возможности применения и использования рассматриваемой технологии в различных видах экономической деятельности.

В настоящее время для оценки состава примесей на поверхности твердых тел используется рентгеновская электронная спектроскопия (РЭС). Метод РЭС основан на использовании анализа потока фотоэлектронов, испускаемых веществом под воздействием рентгеновских лучей. РЭС эффективный метод контроля поверхности образцов для исследований, но одновременно очень разрушающий способ, приводящий к образованию дополнительных карбоксильных групп, которые вызывают разрушение поверхности твердого тела.

Метод резерфордовского обратного рассеяния (РОР) достаточно давно и эффективно используется в ядерной физике и является одним из методов ядерного анализа для неразрушающих испытаний поверхностей твердых тел. Эта технология может найти широкое применение в сфере полупроводниковой промышленности.

Для успеха инновационного проекта по внедрению в промышленность описанного метода определения элементного состава примесей с применением

ядерного анализа необходимым условием является наличие соответствующей инновационной площадки в виде какого-либо предприятия с достаточной производственной базой.

Известно, что влияние примесей на свойства полупроводников весьма значительно и это широко используется при экспериментальных исследованиях и разработках новых полупроводниковых приборов, а также при их производстве и при отработке новых промышленных технологий полупроводниковой электроники.

Вместе с тем, воздействие посторонних примесей может оказывать и весьма пагубное влияние и менять свойства полупроводниковых приборов в худшую сторону. Поэтому весьма актуальной задачей для полупроводниковой электроники является задача разработки метода и технологии эффективного и неразрушающего контроля наличия на полупроводниковых пластинах примесей и их элементного состава.

В связи с этим **целью** настоящей работы является реализация инновационного проекта «Технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин» на предприятии полупроводниковой промышленности АО «НПФ «Микран».

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие **задачи**.

1. Провести поиск решения проблем, связанных со снижением качества готовых компонентов электронных схем.
2. Разработать инновационный проект усовершенствования технологического процесса на предприятии полупроводниковой промышленности «Микран» с помощью существующей технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин.
3. Оценить стоимость необходимого оборудования для использования методов неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых образцов.

4. Наладить сотрудничество между высокотехнологичным предприятием АО «НПФ «Микран» и школой ядерных технологий Томского Политехнического Университета.
5. Разработать начальный эскиз лабораторного помещения в соответствии с промышленным участком предприятия «Микран».
6. Провести маркетинговые исследования.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы выступает высокотехнологичное предприятие АО «НПФ «Микран». **Предметом исследования** – технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа.

На защиту выносятся следующие **основные положения**:

- Предложено изменение технологического процесса на производственной площадке высокотехнологичного предприятия АО «НПФ «Микран» с целью понижения количества брака среди готовой продукции компонентов микроэлектронной техники и совершенствования качества полупроводниковых пластин, используемых в полупроводниковой промышленности.
- Налажено взаимодействие между высокотехнологичным предприятием полупроводниковой промышленности и высшим учебным заведением для решения проблемы связанной с высоким уровнем брака конечной продукции полупроводниковых изделий.

Научная новизна настоящей работы заключается в том, что существующая технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа была апробирована в целях улучшения высокотехнологичного продукта предприятия АО «НПФ «Микран» при взаимодействии со школой ядерных технологий ТПУ.

По данной теме:

1. Опубликована статья: Молчанов, А.С. Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности твёрдого тела с

использованием ядерных реакций / А. С. Молчанов // Вектор экономики. – 2019. – №6. – 5 с.

2. Представлен устный доклад на XV Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инноватика - 2019»: Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности природных алмазов с использованием резерфордского обратного рассеяния. (Томск, 25 – 27 апр. 2019 г).
3. Опубликовано тезис: Молчанов, А.С. Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности природных алмазов с использованием резерфордского обратного рассеяния // Инноватика-2019: тезисы докл. Междун. конф. (Томск, 25-27 апр. 2019 г.). – Томск, 2019. – С.171-173.
4. Представлен устный доклад на Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2019»: Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности твердого тела с использованием ядер отдачи. (Томск, 22 – 24 мая 2019 г).
5. Опубликовано тезис: Молчанов, А.С., Чиняков, А.А. Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности твердого тела с использованием ядер отдачи // Научная сессия ТУСУР-2019: тезисы докл. Междун. конф. (Томск, 22-24 мая 2019 г.). – Томск, 2019. – С.201-203.
6. Представлен устный доклад на XVI Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инноватика - 2020»: Инновационный проект внедрения технологии неразрушающего контроля состава примеси на поверхности полупроводниковых пластин. (Томск, 23 – 25 апр. 2020 г).
7. Представлен устный доклад на Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2020»: Инновационный проект «Определение элементного состава

примесей на поверхности естественных алмазов с использованием методов ядерного анализа». (Томск, 25 – 27 мая 2020 г).

8. Участвовал в финале конкурса «УМНИК – Цифровая Россия» с темой: Разработка методики «применение технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин» на предприятиях полупроводниковой промышленности. (Томск, 28 мая 2020г).
9. Принял участие в конкурсе-акселератор инновационных проектов «Большая разведка» с темой: Инновационный проект «технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа». (Пермь, 16 июн. 2020).

1 Технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа

Для реализации технологической инновации данной работы, которая заключается в усовершенствовании технологического процесса производства высокотехнологичного продукта на предприятии полупроводниковой промышленности с помощью существующей технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин, необходимо рассмотреть техническую составляющую описываемой технологии.

Технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа показала себя как эффективный способ контроля поверхности твёрдых тел. На основе исследований были получены результаты, показывающие, что методы ядерного анализа действительно достойны своего применения на предприятиях полупроводниковой промышленности. Сами по себе методы ядерного анализа представляют из себя методы дефектоскопии.

На протяжении многих лет существования предприятий полупроводниковой промышленности в России использовались различные технологии по совершенствованию материалов используемых для производства компонентов электронной схемы. Всегда перед какими-либо технологическими операциями, такими как: очистка полупроводниковой пластины или напыление структур для формирования контактов – необходим контроль поверхности и поверхностных слоёв исследуемого образца на присутствие инородного, элементного состава, который образовался в результате воздействия на него окружающей среды. Для своевременного обнаружения и устранения инородных примесей на поверхности используемых, полупроводниковых материалов, предприятия микроэлектронной промышленности используют различные способы контроля их поверхности на выявление стехиометрического состава исследуемых образцов [1]. В течение проведения многочисленных исследований и анализа способов контроля

поверхности полупроводниковых пластин на существующих предприятиях микроэлектронной промышленности, были получены результаты, на основе которых можно сделать вывод, что на сегодняшний день развития микроэлектронной промышленности в России используются разрушающие методы контроля поверхности полупроводниковых образцов. Это обстоятельство даёт понять, что качество микроэлектронных компонентов, производимых в России с каждым годом снижается, что уменьшает конкурентные преимущества отечественных производителей на мировом рынке микроэлектроники. Основная важность в исследовании стехиометрического состава на поверхности полупроводниковых пластин, заключается вследствие того, что примеси скапливающиеся на поверхности исследуемых образцов под воздействием окружающей среды, в дальнейшем влияют на снижение качества готовой продукции предприятий полупроводниковых приборов. Дело в том, что после любых способов анализа поверхности исследуемых образцов, проводятся технологические операции по очистке пластин, применяемых в производстве электронных компонентов. Если заранее знать химический состав примесей, налетевших на поверхность исследуемой пластины, то можно более лучше понять какие именно технологические способы очистки необходимо применить для того или иного химического состава на поверхности исследуемых плёнок.

Для качественного и количественного анализа стехиометрических составов плёнок можно использовать альтернативные варианты контроля поверхности без разрушений и образования дефектов, которые могут влиять на снижение брака среди готовой продукции предприятий полупроводниковой промышленности России. Существует технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа (МЯА). Данные методы подразумевают использование упругого рассеяния между налетающей частицей пучков ионов гелия, с атомами примесей, налетающих на поверхность исследуемых образцов под влиянием внешних факторов окружающей среды. В настоящее время развитие МЯА

получают своё широкое применение в исследовательских и научно-лабораторных центрах, имеющих ускорители заряженных частиц (электростатические генераторы), а также доступностью регистрирующей аппаратуры высокого качества и современной электронно-вычислительной техники в виде персональных компьютеров (ПК) с необходимым программным обеспечением (ПО). Разъяснения данных об обратном рассеянии пучков ионов гелия выглядит следующим образом. Методы ядерного анализа очень чувствительны к тяжёлым элементам, вследствие чего можно экспериментально определить малые концентрации легирующих элементов в сплавах алюминия [2]. Методы ядерного анализа являются неразрушающими, вследствие чего, на одном и том же образце возможно проведение анализа с применением нескольких методов контроля поверхности полупроводниковых пластин.

Существует три основных методов ядерного анализа (МЯА), по которым определяют стехиометрический состав исследуемых плёнок на наличие инородных примесей: метод Резерфордовского обратного рассеяния (РОР), метод ядерных реакций (ЯР) и метод ядер отдачи (ЯО). Основным отличием этих методов друг от друга являются размеры атомов частиц, с которыми взаимодействуют пучки налетающих частиц ионов гелия.

На рисунке 1.1 показана схема методов ядерного анализа [3,4].

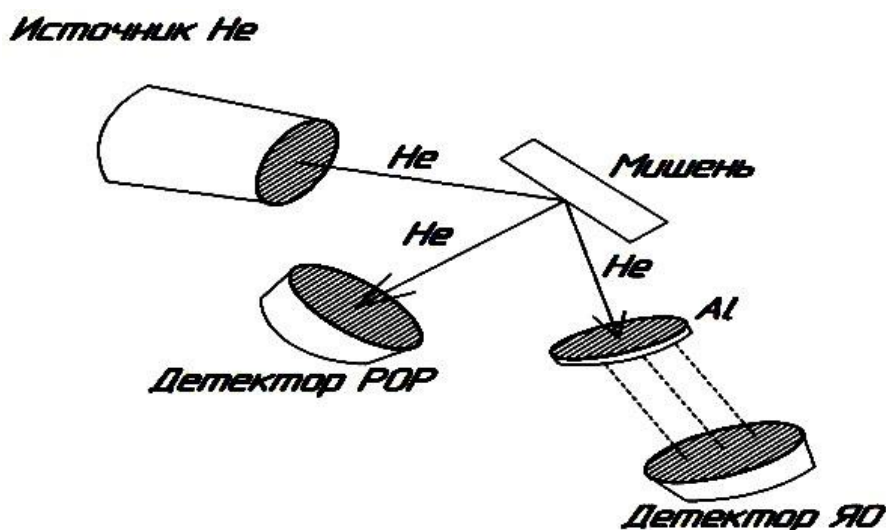


Рисунок 1.1 – Методы ядерного анализа

На рисунке 1.1 можно увидеть, как происходит регистрация спектров одних из основных методов ядерного анализа, резерфордовского обратного рассеяния и ядер отдачи. Частицы ионов гелия, которые налетели на исследуемую поверхность пластины, рассеиваются под большим углом и в последующем их детектирует полупроводниковый детектор PDP. Он определяет глубину легирования тяжелых элементов и выбивает часть легких элементов (водород, дейтерий).

Пучки ионов гелия, сталкиваясь с поверхностью образца, рассеиваются под углом наблюдения метода ядер отдачи (ЯО) и сечение данного рассеяния для этого угла является большим. Так как в детектор могут попасть рассеянные частицы ионов гелия, то для того, чтобы это избежать, перед полупроводниковым детектором ставится фильтр (алюминиевая пластина), где оставшиеся пучки ионов гелия поглощаются и в этот же момент ядра легких элементов теряют часть энергии [3,4].

С помощью МЯА возможно без разрушений определять на поверхности исследуемых образцов [3,4]:

- 1) процессы окисления;
- 2) диффузию;
- 3) имплантационные профили;
- 4) механизмы роста тонких слоёв;
- 5) загрязнения приповерхностных слоёв при различных обработках;
- 6) местоположение атомов примесей в структуре атомов кристаллической решётки;
- 7) поверхностные реакции.

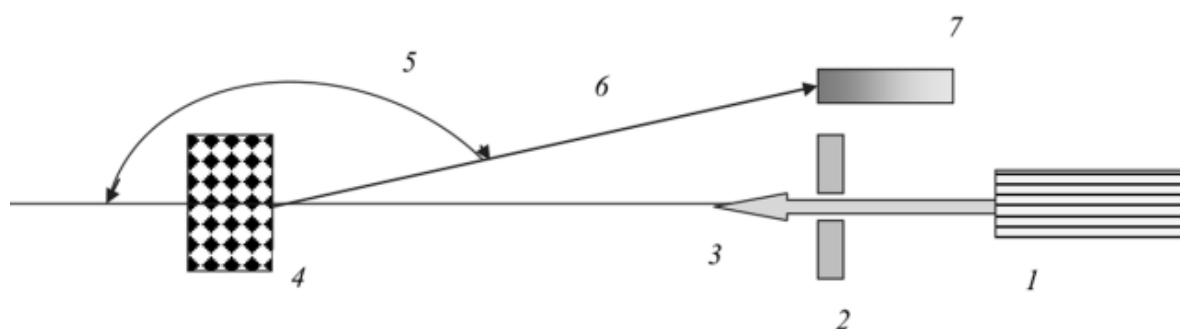
На данном этапе развития микроэлектронной промышленности в России были проведены многочисленные исследования, которые показали, что, несмотря на доминирующее значение МЯА перед существующими технологиями контроля поверхности необходимых материалов, используемых в производстве полупроводниковых приборов. Технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью МЯА очень

редко используется в промышленных масштабах, но представляет интерес для физики твёрдого тела, физики металлов и сплавов, физики радиационных повреждений, полупроводниковой техники и микроэлектроники [4].

С целью получения коммерческого эффекта благодаря использованию данной технологии неразрушающего контроля с помощью МЯА, возможно создание, как и самостоятельного предприятия, совместного предприятия, так и возможно вхождение в действующее предприятие.

1.1 Методика резерфордовского обратного рассеяния

Одним из основных МЯА является метод резерфордовского обратного рассеяния, который направлен на определение элементного состава примесей, атомы которых намного больше пучков налетающих частиц ионов гелия. В основе метода РОР лежат физические законы взаимодействия налетающей частицы и атома мишени: передача энергии и закон сохранения импульса при процессах упругих взаимодействий двух тел, как например иона гелия с атомом примеси налетевшей на поверхность исследуемого полупроводникового образца. Данная методика ядерного анализа имеет широкое применение, как в полупроводниковой промышленности, так и в алмаз обрабатывающем производстве, и т.д.



1- ускоритель; 2 - коллиматор; 3 - пучок быстрых заряженных частиц; 4 - образец; 5 - угол рассеяния; 6 - рассеянные частицы; 7 - детектор ядерных частиц.

Рисунок 1.2 - Схематическое изображение методики резерфордовского обратного рассеяния,

На рисунке 1.2 изображена схема метода Резерфордского обратного рассеяния (РОР) [4]. Пучки заряженных частиц пучков ионов гелия бомбардируют на поверхность исследуемого полупроводникового образца 3. Пучки ионов гелия рассеиваются на углы 5, что приводит к десорбции рассеянных частиц 6. В последующем, происходит регистрация рассеянных ионов в пределах телесного угла полупроводникового детектора 7 и энергия данных ионов [3,4].

1.2 Методика ядер отдачи

Метод ядер отдачи от метода Резерфордского обратного рассеивания отличается в основном в полученном сигнале, в результате регистрации ядер различных элементов полупроводниковым детектором. Оба метода используют в лабораторных целях для неразрушающего анализа и исследования глубины легирования как тяжелых, так и легких элементов на поверхности полупроводниковых образцов. Данные методы позволяют определять полные профили лёгких элементов одновременно. В сравнении с выбитыми ядрами тяжелых или легких элементов, пучки ионов гелия должны развивать энергию до 3 МэВ и обладать достаточно хорошей упругостью [2].

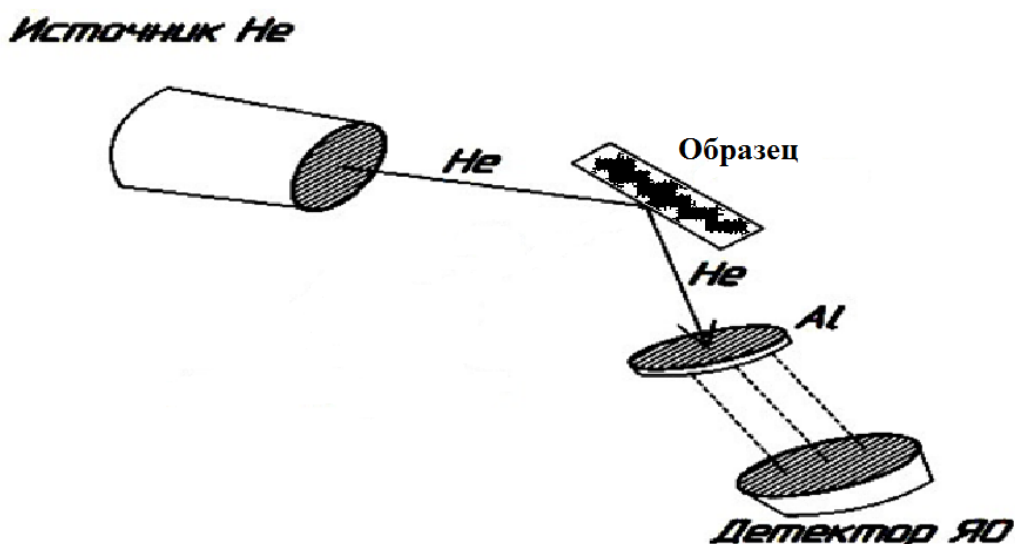


Рисунок 1.3 – Схема эксперимента метода ядер отдачи

На рисунке 1.3 изображена схема эксперимента по методу ЯО. В данном случае рисунка 1.3 можно проанализировать, как происходит регистрация

спектров ядер отдачи от исследуемого полупроводникового образца. Схема регистрации очень похожа на ту, что описывалась ранее, к рисунку 1.1. Полупроводниковый детектор регистрирует попадающие на него рассеянные пучки ионов гелия, после того, как они налетели на поверхность исследуемой пластины, а также атомы элементов, с которыми столкнулись пучки налетающих частиц ионов гелия. Чтобы деинсталлировать попавшие ионы гелия в детектор, перед ним обычно ставят фильтр (металлические пластины различного типа) и далее полупроводниковый детектор может зарегистрировать исследуемые тяжелые и легкие элементы.

Фиксация примесей, налетевших на поверхность исследуемого образца происходит без каких-либо разрушений и образования дефектов, которые могут повлиять на работоспособность готовых компонентов электронной схемы, выполненных после необходимых операций, направленных на контроль поверхности и операции по очистке исследуемых образцов, применяемых в производстве полупроводниковых приборов.

1.3 Методика ядерных реакций

Из всех МЯА ещё одной из основных методик для определения элементного состава является методика ядерных реакций, суть которой заключается в определении лёгких элементов по глубине исследуемого образца. Если налетающие ионы имеют энергию, позволяющую им преодолеть кулоновский барьер, то образуется составное ядро, которое затем претерпевает явление спонтанного распада [5].

На данном явлении основана методика ядерных реакций (МЯР). Интенсификация ядерного анализа относительно зависит от энергии зондирующего пучка. Данные обстоятельства могут быть использованы для определения лёгких элементов на поверхности полупроводниковых образцов. За счёт наличия кулоновского барьера ядра тяжёлых элементов вступают в реакции при существенно, больших энергиях, чем ядра лёгких элементов. В связи с этим метод ядерных реакций ориентирован, прежде всего, на

определение как лёгких, так и тяжелых элементов на обширных площадях пластин. В этом случае МЯР дополняет метод РОР, ориентированный в первую очередь на определение элементов более тяжёлых по сравнению с пучками ионов гелия.

Эффективное сечение ядерной реакции – величина, характеризующая вероятность взаимодействия налетающей частицы с ядром. С помощью различных эффективных сечений вычисляют скорости ядерных реакций и количество затронутых ионами гелия частиц. На основе знаний эффективного сечения ядерной реакции, по количеству прореагировавших частиц можно вычислить глубину залегания максимальной концентрации определённого элемента на поверхности исследуемого образца, который анализируется с помощью методики ядерных реакций (МЯА) [2].

При условии того, что ионы гелия могут иметь энергию, которая позволяет им преодолевать кулоновский барьер, образуется составное ядро, с которым происходит явление спонтанного распада. Данный процесс может сопровождаться испусканием электронов, что вызывает небольшой разрушающий эффект для исследуемой поверхности полупроводникового образца. МЯР используется в комбинации вместе с методикой РОР в том случае, если необходимо определить атомы примесей, которые намного меньше пучков налетающих частиц ионов гелия с помощью метода РОР. Совокупность метода РОР и МЯР позволяют определять примеси описанного выше вида во внутренней структуре образца.

МЯР является одним из разрушающих методов ядерного анализа и имеет узкое применение в сфере контроля поверхности полупроводниковых образцов. Однако в некоторых случаях является необходимым методом для контроля поверхности и чаще всего используется в комбинациях с другими методами ядерного анализа.

2 АО «НПФ «Микран» как инновационная площадка для продвижения технологии

АО «НПФ «Микран» - ведущий производитель радиоэлектроники России, успешно конкурирующий с зарубежными компаниями [6].

Вся деятельность компании базируется на пяти составляющих успешного бизнеса: маркетинг, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, производство, продажи и сервисное обслуживание.

Уставный капитал компании – 45 400 000,00 руб.

АО «НПФ «Микран» в течение нескольких лет осуществляло все свои научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) за счёт собственных средств, поэтому для предприятия очень важны новые решения по улучшению качества их продукции, а также помощь различных фондов финансирования, которые поддерживают благосостояние малого и среднего бизнеса.

Ежегодно АО «НПФ «Микран» представляет инновационную продукцию на крупнейших международных и российских выставках: «Связь – Экспокомм», «Нева», «Интерполитех», «Метрология», «РадЭл» и многих других. Сотрудники предприятия регулярно участвуют в конференциях («КрыМиКо», EDM, Microwave Week), а также организуют обучающие семинары.

Компания по праву занимает место одного из лучших инновационных предприятий в стране, является двукратным лауреатом национального рейтинга высокотехнологичных быстроразвивающихся компаний «ТехУспех» и победителем в номинации «Лучшее инновационное предприятие Томской области 2014 года». С 2007 года продукция «Микрана» входит в список «100 лучших товаров России».

В 2015 году «Микран» заключил с Сибирским отделением Российской академии наук (СО РАН) договор о стратегическом партнерстве. Основным направлением сотрудничества станет совместное участие в научно-

исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работах по радиофотонике, микроэлектронике и СВЧ радиоэлектронике.

«Микран» имеет более 100 патентов на изобретения и свидетельств о регистрации ноу-хау. Вся продукция компании разрабатывается с учетом требований международных рекомендаций и стандартов (ETSI, IEC, IEEE, DIN, ITU, ANSI, EIA, ETS).

Сейчас у «Микрана» более 1000 клиентов в России и за ее пределами, а география заказов распространяется от СНГ до стран Азии и Африки. В 2014 году у «Микрана» появилась итальянская дочерняя компания YOUNCTA, что позволило наладить поставки на рынок Европы. Также офисы продаж «Микрана» располагаются в Сингапуре, Вьетнаме и Южной Африке. В коллективе «Микрана» более 30% – это разработчики, которые, благодаря своему таланту и профессионализму, каждый день предлагают новые инновационные решения в области радиоэлектроники.

Каждое предприятие ведет учет своих технико-экономических показателей, тем самым его анализируя. Вследствие этого, АО «НПФ «Микран» на протяжении многих лет удерживает высокие показатели технико-экономической составляющей.

За период существования «Микран» можно подчеркнуть их значительные возрастания в объеме производств, а также растет и средняя заработная плата рабочего персонала. Но есть и не благоприятные новости, за 2014 – 2016 год произошел упадок дифференциала (с 39,8% до 0,5%), по причине увеличения количества кризисов во внешней среде предприятия. Также существуют риски – потеря рабочего персонала, а следовательно, может понизиться производительность труда, количество выпускаемого производства, размер выручки.

Благодаря активному проведению НИОКР в АО «НПФ «Микран» разнообразие выпускаемой продукции возрастает с каждым годом. Но, к сожалению, за последнее время разработка и выпуск новых производств реализуются очень медленными темпами, по причине использования

несовершенных способов контроля поверхности полупроводниковых пластин и увеличения брака среди готовой продукции.

Товарная политика АО «НПФ «Микран» на внутреннем и внешнем полупроводниковом рынке строится исходя из следующих принципов:

- выпуск продукции, полностью удовлетворяющей потребности потребителя;
- повышение уровня качества, обеспечивающего конкурентное преимущество и способствующего поддержанию сложившегося имиджа предприятия в области качества;
- обеспечение выполнения заказов потребителей в более короткие сроки за счет совершенствования технологии и организации производства;
- активно выводить на рынок высококачественные и новые (ранее не выпускаемые данным предприятием) марки;

Вся выпускаемая продукция имеет сертификаты качества Российской Федерации, а также сертификаты качества немецкого общества технического надзора TUV CERT, что характеризует ее достаточно высокий технический уровень и качество. АО «НПФ «Микран» на сегодняшний день развивается и стремится к техническому совершенствованию, рассматривая предложения по улучшению их готовой продукции.

Маркировка продукции АО «НПФ «Микран» соответствует основополагающим и дополнительным требованиям. К основополагающим требованиям относятся достоверность, доступность, достаточность. К дополнительным – четкость текста и изображения; достоверность требований относительно качества, количества, места происхождения; однозначность текста, наглядность.

Оценка конкурентоспособности продукции предприятия производится путем сравнения индивидуальных показателей конкурентоспособности продукции предприятия с аналогичными показателями продукции предприятий-конкурентов, которые рассчитываются как соотношение экономического эффекта от продукции и полезных затрат на ее производство и

реализацию. Реализация – это лучший показатель конкурентоспособности и качества выпускаемой продукции.

Факторы, которые могут влиять на проблемы предприятия в области качества, перечислены ниже:

– Несоблюдение всех требований технологических процессов, связанных с техническими неполадками;

– Устаревшие оборудование и методы контроля поверхностей в отделе технического контроля предприятия.

Основные задачи, которые ставит перед собой предприятия:

1. повышение качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции;

2. постоянное совершенствование функциональных возможностей продукции в целях полного и своевременного удовлетворения требований и ожиданий потребителя;

3. укрепление экономического положения.

Стратегическими направлениями развития предприятия является:

– постепенное техническое перевооружение и переход основного производства на прогрессивные технологии;

– постоянное совершенствование системы менеджмента качества и ее соответствие требованиям ISO 9001:2000;

– целенаправленное повышение уровня квалификации персонала предприятия; стремление деятельности предприятия к энергосбережению.

Каждый работник предприятия на основе четкого распределения обязанностей и ответственности участвует в управлении качеством продукции; повышает свою квалификацию и совершенствует профессиональное мастерство; экономно и рационально использует ресурсы предприятия; вносит предложения по повышению технического уровня продукции, её качества; обеспечивает на своем рабочем месте высокий уровень культуры производства.

Руководство предприятия создает все условия для обеспечения выпуска качественной и конкурентоспособной продукции и несет ответственность за выпуск несоответствующей продукции.

Как известно, на высокотехнологическом предприятии АО «НПФ «Микран» очень строго придерживаются требований к поставкам товара, из-за этого качество товара всегда соответствует условиям договора. При отсутствии в договоре такого условия поставщик обязан передать покупателю товар обычного качества, соответствующий его конкретному назначению. Порядок и сроки приемки товара по качеству определяются законодательством.

Также предприятие «Микран» уделяет большое внимание анализу удовлетворенности потребителями уровня качества выпускаемой продукции. Деятельность по оценке удовлетворенности потребителей осуществляется предприятием в соответствии с требованиями ISO 9001:2000. Целью оценки удовлетворенности потребителей является определение степени восприятия потребителями того, насколько предприятие выполняет их требования.

Основными объектами оценки являются: качество продукции, процесс взаимодействия с потребителями и процесс поставки. У данных объектов оценок имеются оценочные показатели:

- продукция, то есть характеристика, содержание легированных элементов, отсутствие дефектов;
- процессы взаимодействия с потребителями, в том числе исполнительность, вежливость, коммуникабельность, доступность;
- процессы поставки товаров, к ним относятся: ритмичность, оперативность, своевременность, сохранность при транспортировке, способность осуществлять поставки требуемого объема.

Существует три типа концепции маркетинга, и фирма или предприятие, продвигая свой товар на рынок, использует один из них:

1. Массовый маркетинг – производство, распределение и продвижение одного и того же товара для всех покупателей сразу. Преимущество –

максимальное снижение издержек производства, цен и максимально большой потенциал рынка.

2. Товарно – дифференцированный маркетинг – производство двух или нескольких товаров с разными свойствами, в разном оформлении, разного качества, в разной расфасовке.

3. Целевой маркетинг – разграничение между сегментами рынка, выбор одного или нескольких наиболее перспективных и производство товаров, адаптированных под конкурентные нужды этих сегментов. Данный маркетинг является наиболее эффективной, так как вместо приложенных усилий на различную аудиторию, маркетологи работают с определенными группами потребителей.

На начальной стадии с помощью инструментов маркетинга создаётся база потенциальных клиентов, формируются каналы сбыта. В ходе формирования каналов сбыта используются не только новые возможности, но и адаптируются и видоизменяются старые способы привлечения клиентов. Также маркетинг обеспечивает разработку образа товара, его позиционирование на рынке.

Таким образом, наиболее значимую роль на этапах выхода инновации на рынок и роста играет целевой маркетинг.

3 Технологический участок и необходимое оборудование

На основе информации о предприятии АО «НПФ «Микран» можно сделать вывод, что оно идеально подходит в качестве площадки для создания технологического участка по применению описываемой технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа. Оценка показала, что если значительно снизить габариты необходимого оборудования, то будет вполне достаточно участка с площадью 25м² для размещения технологического оборудования.

В городе Томск имеется аналогичное оборудование в ТПУ, школе ядерных технологий, но габариты оборудования превышают множество норм предприятия АО «НПФ «Микран». Поэтому необходимо было провести работу по подбору альтернативных вариантов необходимого оборудования, которое занимает намного меньше места на технологическом участке. Соответствующее оборудование было найдено в одной из лабораторий швейцарского Политехнического института в г. Цюрих, где оно производится. Генератор импульсов, занимающий объем помещения всего около полтора кубических метра, вырабатывает импульсы в 180 000 вольт от 400-вольтового источника питания, что вполне подходит для реализации рассматриваемых технологий ядерного анализа поверхности твердых тел. Одновременно, приобретение такого оборудования вполне по силам такому предприятию как компания АО «НПФ «Микран».

Остальное оборудование выглядит вполне стандартным и включает в себя вакуумную установку с подколпачным устройством, в котором будут размещаться источники ионов гелия и исследуемые образцы естественных алмазов или полупроводниковые пластины, газовое хозяйство и система газовых трубопроводов, контрольно-измерительное оборудование.

Предлагаемая технология включает в себя следующее оборудование:

1. Малогабаритный электростатический генератор высокого напряжения.
2. Система ион - проводов.

3. Вакуумная камера.
4. Полупроводниковый детектор.
5. Аккумулятор для подачи обратного, запирающего напряжения на полупроводниковый детектор.
6. Программное обеспечение Simnra для снятия спектров элементного состава в поверхностных слоях исследуемого образца.
7. Персональный компьютер.
8. Аналого-цифровой преобразователь.

Технология предоставляет возможность оперативно определять элементный состав без каких-либо повреждений исследуемого образца, образования дефектов и загрязнения поверхности [7,8,9]. Определение элементного состава происходит каждые 3 – 5 минут. Схема такова, что электростатический генератор подаёт напряжение, с помощью которого генерируются ионы гелия, через ионопровод они поступают в вакуумную камеру, где уже находится исследуемый полупроводниковый образец. Пучки ионов гелия, сталкиваясь с атомами, налетевших на поверхность исследуемого образца, примесями и проникая внутрь анализируемого образца, рассеиваются на полупроводниковый детектор, перед которым находится фильтр в виде металлической пластины, который формирует импульсный ток, передающийся на аналого-цифровой преобразователь. Аналого-цифровой преобразователь в свою очередь формирует импульсный ток в сигнал, передающийся на персональный компьютер с установленным на нём специальным ПО и фиксирующим спектры различных примесей и состав исследуемого полупроводникового материала. Методы ядерного анализа, как было написано выше, определяют элементный состав примесей на поверхности полупроводниковых пластин (естественных алмазов, различных металлов, и других твёрдых телах), полученную информацию фиксирует полупроводниковый детектор (состав образца, атомы налетевших примесей из окружающей среды, зоны легирования, структура атомов кристаллической решётки исследуемого образца) [7,8,9].

Ценовая смета на необходимое оборудование для реализации проекта «Технологии неразрушающего контроля пластин» на примере АО «НПФ «Микран»:

1. Электростатический генератор – 760 250 руб.
2. Ионопровод – 10 000 руб.
3. Вакуумная камера – 30 000 руб [10].
4. Полупроводниковый детектор ЯО – 60 000 руб.
5. Полупроводниковый детектор РОР – 60 000 руб.
6. Полупроводниковый детектор ЯР – 60 000 руб.
7. Персональный компьютер – 50 000 руб [11].
8. Аналого-цифровой преобразователь – 70 000 руб [12].
9. Аккумулятор обратного запирающего напряжения – 50 000 руб.
10. Баллоны с гелием – 20 000 руб [13].
11. Лицензия на использование ПО Simnra – 83 000 руб [14].

Всего: 1 253 250 руб [8].

Оценка показала, что необходимые затраты на создание небольшого технологического участка с указанным оборудованием составят около двух миллионов рублей, что вполне доступно для такого предприятия, как АО «НПФ «Микран».

Облучение исследуемых образцов производится с помощью электростатического генератора ЭСГ – 2,5, который располагается в НИИ ТПУ школы ядерных технологий в городе Томск. Описываемый генератор высокого напряжения ЭСГ – 2,5 представляет собой генератор Ван де Граафа, изображение которого представлено на рисунке 3.1.

Диаметр падающего пучка на образце зависит от диаметра диафрагм и изменяется от 1 до 8 мм. Ток пучка изменяется в диапазоне 0,1 – 30 нА. Минимальное угловое расхождение падающего пучка составляет 0,005 градусов. Энергетический разброс ионов первичного пучка не превышает 2,4 кэВ. Вакуумные объемы ионопровода и экспериментальной камеры

откачиваются форвакуумными и магниторазрядными насосами. Исследования проводились, в экспериментальной камере, изображенной на рисунке 3.2.

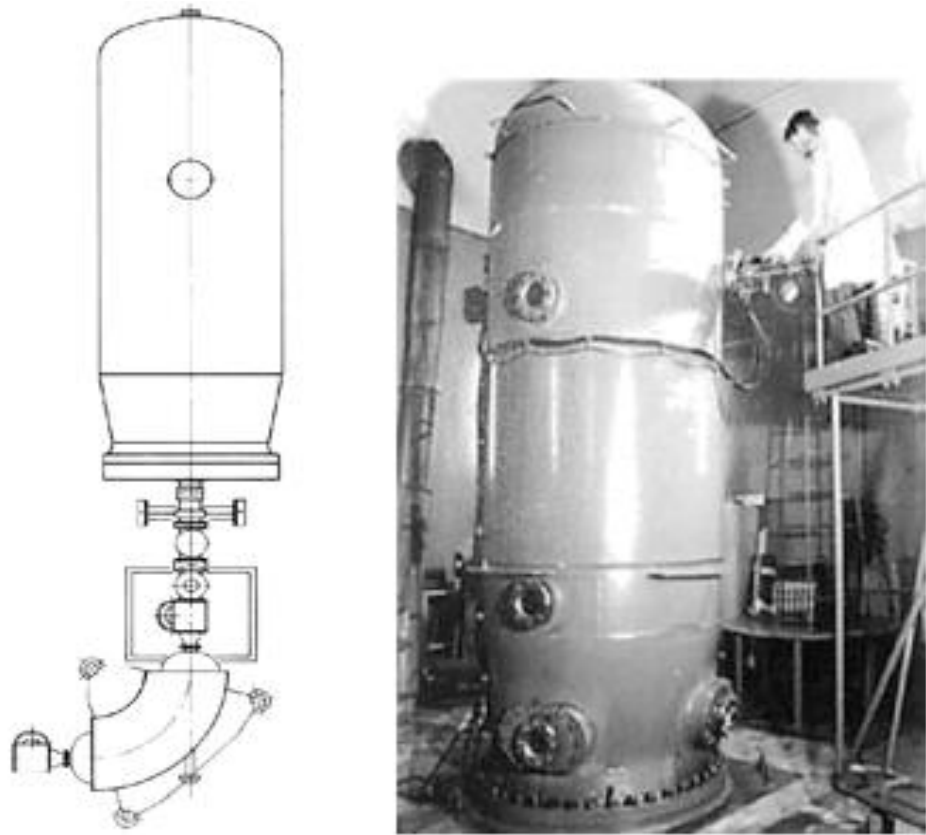


Рисунок 3.1 – Конструкция ЭСГ – 2,5



Рисунок 3.2 - Экспериментальная вакуумная камера рассеяния

В таблице 3.1 представлены технические характеристики ускорителя [15].

Таблица 3.1 – Аналитические характеристики ЭСГ – 2,5 и метода РОР

Ускорители ионов	Электростатический генератор ЭСГ - 2,5
Используемые ионы	$^1\text{H}, ^2\text{H}, ^3\text{He}, ^4\text{He}, ^{12}\text{C}, ^{14}\text{N}, ^{16}\text{O}$
Энергия ионов, МэВ	0,5 – 2,5
Ток пучка, мкА	0-100
Стабильность энергии и тока пучка, %	0,02
Интенсивность, частиц/сек	10^{14}
Угол рассеяния, град	95-175
Анализируемые элементы	$Z \geq 2$
Максимальная глубина анализа, мкм	1 – 5
Разрешение по глубине, нм	4 – 30
Локальность анализа на поверхности, мкм	10 – 2000
Предел обнаружения, атомов/см ²	$10^{12} - 10^{14}$
Время анализа, мин	5- 40
Требования к пробоотбору	Нет
Погрешность определения атомного состава, %	2 – 10

Для регистрации, ионов гелия в методе РОР используется спектрометр с полупроводниковым поверхностно-барьерным кремниевым детектором [16].

Спектрометр включает вакуумную камеру, с линейкой исследуемых образцов, которая перемещается под пучок ионов с помощью штуцера, размещенного в вакуумном разъеме. В камере под углом θ (1650-1800) расположен основной детектор. Попадая в ионопровод ускорителя, ионы гелия проходят через диафрагму, которая представляет собой диск с отверстиями по окружности диаметрами от 1 до 10 мм. Эта диафрагма позволяет выводить пучок ионов гелия определенного размера [2]. Это важно, так как исследуемые образцы имеют разные размеры. На пути движения пучка в камере установлен прерыватель пучка, представляющий собой пластинку кремния с золотом на

поверхности, обратное рассеяние ионов от которой регистрируется мониторным детектором. Сигналы с детектора поступают на предусилитель, усилитель и анализатор. Энергетические спектры от исследуемых образцов фиксируются на анализаторе в программе «Аспект». Обработка результатов эксперимента проводится при помощи компьютерной программы BS и Simnra. В качестве примера на рисунке 3.3 показана структура полупроводникового детектора [2].

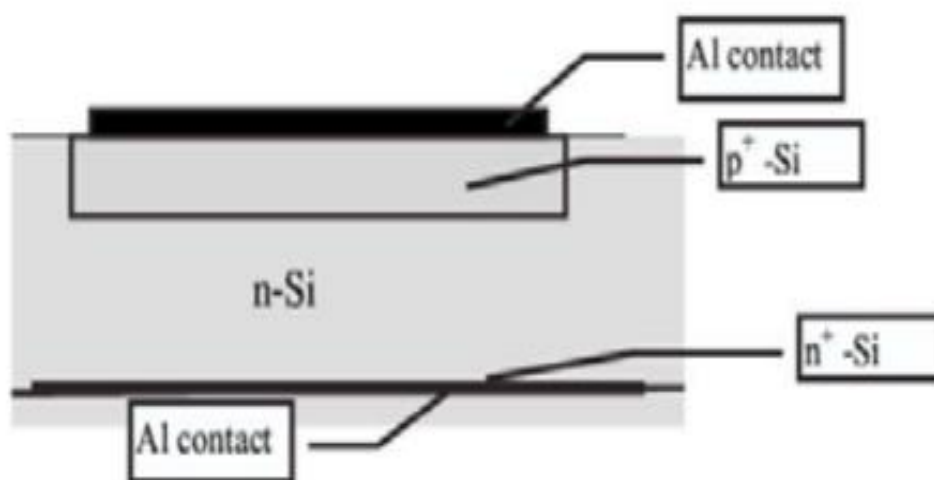


Рисунок 3.3 – Структура кремниевого полупроводникового детектора

Полупроводниковый детектор – это прибор для регистрации, ионизирующих излучений, основным элементом которого является кристалл полупроводника. Детектор работает подобно ионизационной камере, но в отличие ее ионизация происходит не в газовой промежутке, а в толще кристалла. Он представляет собой полупроводниковый диод, на который подано обратное (запирающее) напряжение (~100 В). Слой полупроводника вблизи границы р—n-перехода с объёмным зарядом «обеднён» носителями тока (электронами проводимости и дырками) и обладает высоким удельным электросопротивлением. К полупроводниковому кристаллу прикладывается напряжение до нескольких кэВ, что обеспечивает сбор всех зарядов, образованных частицей в объёме детектора [17].

Каждый элемент имеет свое сечение рассеяния (или вероятность взаимодействия с ионом гелия определенной энергии). Зная их и полученное распределение обратно рассеянных ионов гелия по энергии, можно определить профиль распределения элементов по глубине исследуемой пленки. Программа Simnra, в которой учитываются сечения рассеяния всех элементов, подбирает количество слоев и концентрацию элементов в этих слоях.

Simnra [14] - это программа для моделирования спектров обратно рассеянных ионов от поверхности образцов, а также вторичных процессов, протекающих при данном явлении. В процессе моделирования мишень разделяется на мелкие подслои. Каждый моделируемый спектр состоит из наложенных вкладов каждого элемента каждого подслоя образца-мишени. Толщина подслоя выбирается таким образом, чтобы потери энергии в каждом подслое составляли ширину шага входящих частиц. Когда падающие частицы проникают в подслои, они теряют энергию из-за электронных и ядерных потерь энергии, а энергия пучка распространяется из-за отставания. Simnra рассчитывает энергию обратно рассеянных частиц от образца, а также энергию этих частиц при достижении детектора после прохождения к поверхности мишени и перемещению фольги перед детектором.

Для осуществления описанной технологии по контролю поверхности полупроводниковых образцов, необходимо помещение приблизительно 20м² со всем необходимым оборудованием и снабжением: электричеством, водой и т.д. Лаборатория на сегодняшний день должна состоять из двух функциональных частей: лабораторного помещения для проведения экспериментальных исследований с помощью методов ядерного анализа и другого технологического оборудования, включая чистую зону класса ИСО-7 для работы с полупроводниковыми материалами, и офисного помещения для проведения специализированных семинаров и совещаний, а также для работы с техническими документами и краткого отдыха сотрудников лаборатории. Все помещения должны быть оснащены как современной оргтехникой – персональными компьютерами для сбора, хранения и обработки

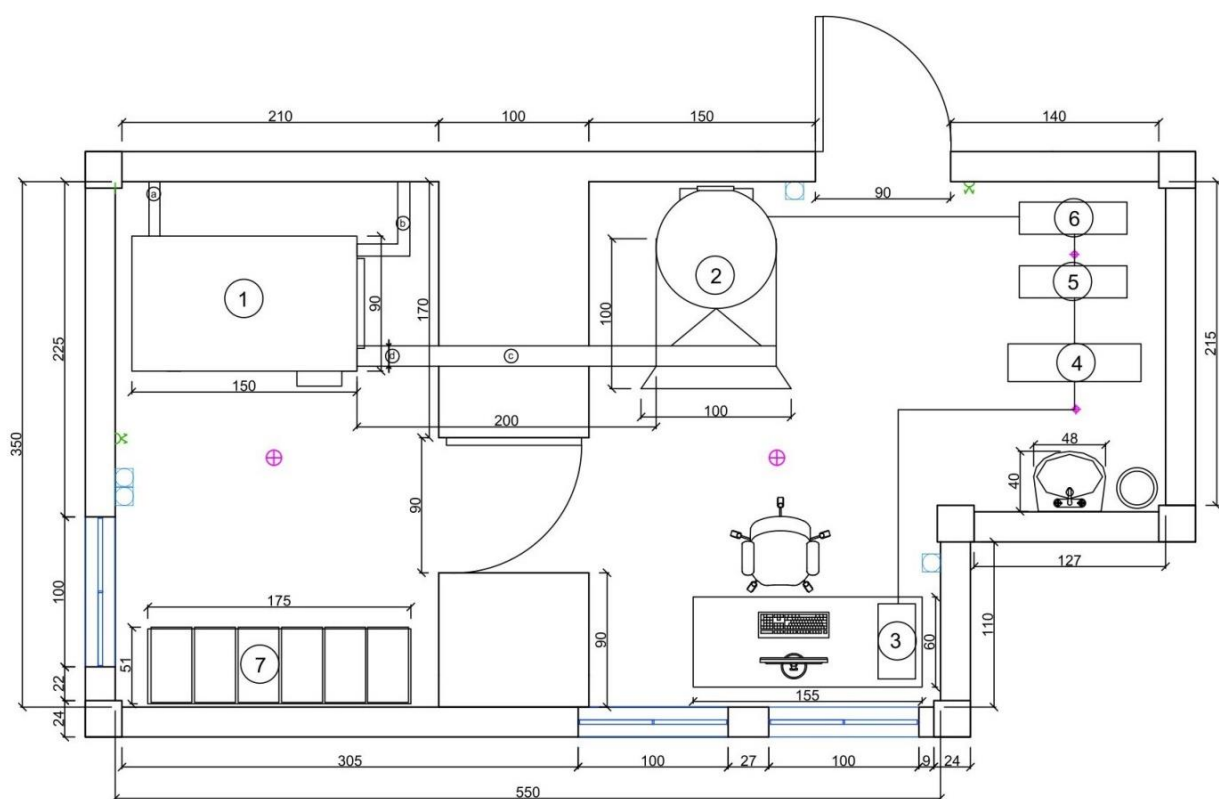
экспериментальных данных с помощью необходимых программных обеспечений для обработки полученных данных, сетью с доступом в Интернет, так и традиционными интерактивными досками, с помощью которых сотрудники могут в рабочем порядке обсудить и спланировать детали исследовательского процесса по описываемой технологии неразрушающего контроля поверхности исследуемых полупроводниковых материалов.

Подготовка лабораторных помещений для проведения исследований может быть завершена, практически, полностью, когда основное оборудование будет установлено и введено в строй. Ремонт и строительные работы для создания инфраструктуры и удовлетворения нужд планируемых исследований должно происходить поэтапно в соответствии с разработанными планами. Для каждого помещения должны быть проведены работы по дизайнерскому и технологическому проектированию. Для технологических целей должно быть создано чистое помещение класса ИСО-7 с системой подготовки воздуха (влажность, температура).

Лабораторная инфраструктура играет очень важную роль в научных исследованиях по контролю поверхности твёрдого тела. НИУ Томский политехнический университет (НИУ ТПУ) для создания нового исследовательского потенциала, внедрил серию специализированных лабораторий. Эти лаборатории используются преподавателями, а также студентами последиplomного профессионального образования (магистрами и докторантами) и научными сотрудниками. Некоторые из этих лабораторий также доступны независимым исследователям. В их число входят: лаборатория разных видов спектроскопии, лаборатория ядерных технологий, сейсмическая лаборатория анализов и лаборатория характеристик твёрдого тела.

АО «НПФ «Микран» имеет на своей территории несколько свободных помещений необходимого размера для использования методов ядерного анализа в качестве технологии неразрушающего контроля поверхности твёрдых тел, которые можно модернизировать для создания лаборатории исследования поверхности полупроводниковых образцов описываемыми методами. На

данный момент предприятию приходится нести затраты в связи с аутсорсингом, производимым в результате сотрудничества с лабораториями ТПУ. Для решения проблемы с затратами, связанными с аутсорсингом необходимо на площадке предприятия подготовить свободное, техническое помещение подходящих размеров и начать их реконструкцию по созданию лаборатории. Прежде, чем начать реконструкцию необходимо составить хотя бы примерный технический план, на котором будет видно, как выглядит лабораторно помещение для использования описанных методов. В результате визуального исследования помещений предприятия составлен примерный технический план. На рисунке 3.4 показан начальный вариант плана лабораторного помещения, который был разработан мною в программе AutoCAD [18].



1 – электростатический генератор; 2 – вакуумная камера; 3 – персональный компьютер (ПК); 4 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 5 – усилитель;
6 – предусилитель; 7 – стеллажи для хранения документов

Рисунок 3.4 – Начальный вариант эскиза лабораторного помещения на примере производственной площадки предприятия АО «НПФ «Микран»

Для размещения технологического участка необходима перепланировка имеющихся помещений. В лабораторном пространстве, помимо технологического участка, выделены: комната для семинаров и переговоров на 12 – 15 человек – она же комната отдыха, офисная комната для размещения 6 – 7 рабочих мест, кабинет руководителя, уголок для технического секретаря.

План лаборатории подготовлен с тем намерением, чтобы работники компании «Микран» могли не только проводить исследования, но и могли обсуждать результаты экспериментов и корректировать полученные данные при составлении технологических маршрутов по исследованию поверхности полупроводниковых образцов. По итогам анализа помещений предприятия был сделан вывод, что предприятие АО «НПФ «Микран» имеет все необходимые ресурсы для монтажно-строительных работ технологического помещения, предназначенного в качестве исследований полупроводниковых образцов с помощью методов ядерного анализа.

Помимо всего вышеперечисленного была учтена радиационная безопасность, которая подразумевает защиту работников лаборатории от рентгеновского излучения. На техническом плане лабораторного плана присутствует стена, толщиной 1,5 метров для изоляции работников от радиации рентгеновского излучения. Акселератор высокого напряжения, как один из основных элементов методов ядерного анализа излучает во время работы рентгеновское излучение и повышает риск поражения работников лаборатории и неблагоприятного воздействия на их здоровье, именно поэтому на основе правил о радиационной безопасности на разработанном чертеже была указана стена, разделяющая рабочее помещение.

По способу использования акселераторы высокого напряжения делятся на стационарные, переносные и передвижные. Стационарные акселераторы высокого напряжения используются в достаточно изолированных условиях дефектоскопических лабораторий в специальных защитных камерах, исключающих доступ людей внутрь камеры при работе акселератора,

предназначенного для дефектоскопии и обеспечения радиационной защиты рабочего персонала, находящегося вне камеры.

Переносные акселераторы не имеют радиационной защиты и имеют своё широкое использование, как в стационарных, так и в нестационарных условиях. Такие генераторы могут оснащаться специальными защитными корпусами, диафрагмами, тубусами, которые формируют направленный расходящийся пучок излучения в виде конуса с заданным углом раствора для фронтального просвечивания, либо кольцевой расходящийся пучок излучения с заданным углом раствора для панорамного излучения. Радиоактивная безопасность рабочего персонала с электростатическим генератором может обеспечиваться удалением его на безопасное расстояние, то есть подальше от рентгеновского излучения, а также возможно применение специальных монтажно-строительных работ.

В перечнях технической документации на устройства высокого напряжения, способные излучать рентгеновское излучение, опасное для здоровья персонала указывается безопасное расстояние от акселератора высокого напряжения при его работе, как для персонала, так и для населения вводятся размеры зоны ограничения доступа.

Передвижные акселераторы высокого напряжения монтируются на транспортных средствах и имеют способность перемещаться вместе с ним. Такие акселераторы высокого напряжения оснащаются защитными экранами и коллиматорами, обеспечивающими уменьшение размеров зоны ограничения доступа, необходимой для обеспечения радиоактивной безопасности рабочего персонала при работе высокоточного генератора. Радиационная защита персонала при работе передвижного электростатического генератора обеспечивается посредством удаления его от рентгеновского излучения на более безопасные расстояния, либо посредством использования специальной радиоактивной защиты рабочего места персонала. Как переносные, так и передвижные акселераторы высокого напряжения могут найти своё

применение в производственных помещениях, лабораторных площадках и в полевых условиях.

Монтажно-строительные работы, проектно-конструкторские действия, эксплуатация, техническое обслуживание, транспортировка, радиоактивный контроль допускается при наличии лицензии на осуществление деятельности по обращению с источниками рентгеновского излучения. Изготовление, испытания, монтаж осуществляется при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы с источниками рентгеновского излучения и санитарными нормами.

Администрации организации занимающейся эксплуатацией необходимого оборудования для использования технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа необходимо обеспечить безопасные условия труда для рабочего персонала, работающего с акселераторами высокого напряжения в соответствии с требованиями правил, НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010, разрабатывает и утверждает инструкции по радиационной безопасности, регламентирующие порядок проведения дефектоскопических работ. При любом изменении условий работы в утверждённые инструкции вносятся необходимые изменения.

Соблюдение требований радиоактивной безопасности является обязательным условием проведения исследования с привлечением источников высокого напряжения и излучения ими злокачественных для организма человека излучений. Эти требования имеют место соблюдаться по той причине, что уровень риска и возможного ущерба здоровью человека от облучения зависит от дозы. Есть масса доказательств риска от рентгеновской радиации и нанесения вреда здоровью при относительно больших дозах однократного излучения. При дозах облучения более низкого уровня прямые доказательства нанесения вреда здоровью отсутствуют. Однако существуют современные представления зависимости дозы и эффекта, что является нелинейной и бес пороговой. Этот факт говорит о том, что любая и даже достаточно малая доза

ионизирующего излучения вызывает тот или иной эффект в организме человека.

Несмотря на то, что на сегодняшний день радиационная опасность мифологизирована. В её оценках можно наблюдать не системность, бездоказательность отдельных заявлений, потому можно столкнуться с тем, что население по большей степени игнорирует радиационную безопасность. В действительности, ионизирующее излучение наиболее хорошо изучено из совокупности вредных факторов, действующих на современного человека. Влияние неблагоприятного воздействия на организм человека изучается уже в течение многих лет. Исследования проводились на десятках и сотнях тысяч людей. Именно поэтому сегодня для внедрения каких-либо новых технологий, требующих использования оборудования, способного излучать радиоактивное излучение необходимо учитывать радиационную безопасность и подходить к этому вопросу с серьёзной точки зрения. Чертёж технологического участка в данном разделе учитывает фактор безопасности.

4 Реализация взаимодействия АО «НПФ «Микран» со школой ядерных технологий ТПУ

Вследствие налаживания коммуникаций высокотехнологичного предприятия АО «НПФ «Микран» со школой ядерных технологий ТПУ было предложено провести эксперимент с целью решения подтверждения существующей технологии в качестве технологической инновации на производственной площадке. Данное обстоятельство обосновывается попыткой получить синергетический эффект с помощью организационной инновации направленной на сотрудничество двух сторон, в данном случае высокотехнологичного предприятия и высшего образовательного учреждения. Для реализации организационной инновации, предприятием АО «НПФ «Микран» были выданы образцы для проведения эксперимента в школу ядерных технологий ТПУ. Образцы, приготовленные в компании АО «НПФ «Микран» из арсенида галлия, крепятся двусторонним скотчем на держатель и последовательно подводятся под пучок ионов гелия, выведенных из ускорителя в камеру рассеяния. Энергетические спектры регистрируются полупроводниковым кольцевым детектором с площадью 7 см^2 рисунок 4.1.

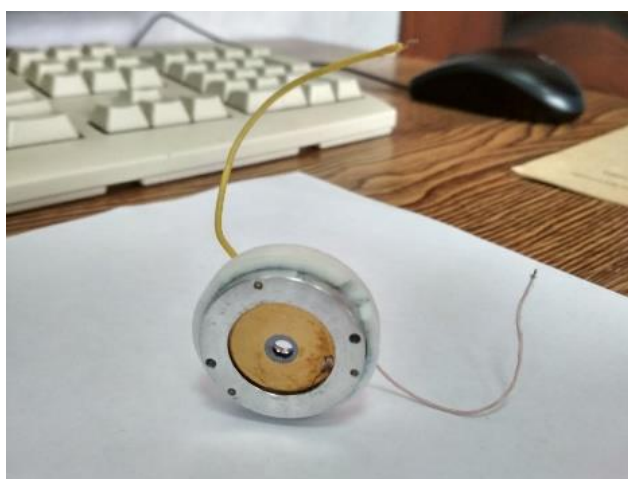


Рисунок 4.1 – Кольцевой кремниевый детектор

На рисунке 4.2 изображены образцы, выданные предприятием полупроводникового производства АО «НПФ «Микран».

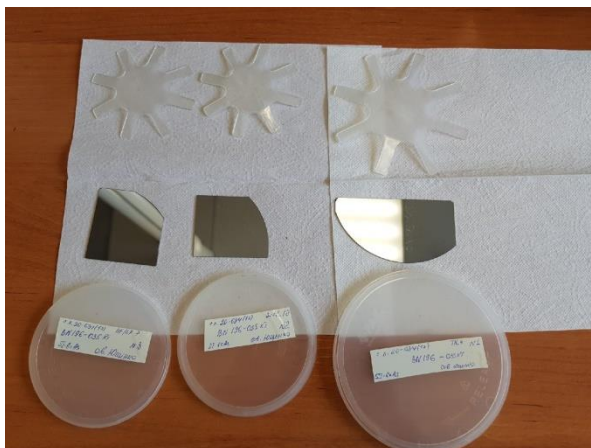
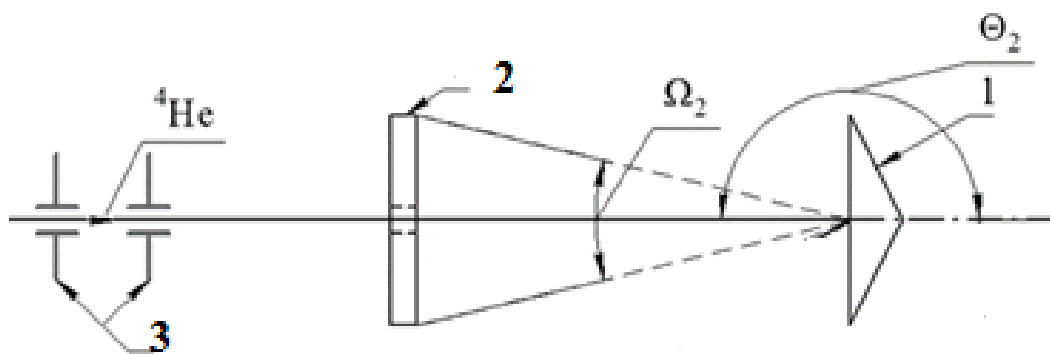


Рисунок 4.2 – Образцы для исследования, пластины, на поверхности которых был напылён нитрид кремния (Si_3N_4)
 Схема регистрации обратно рассеянных ионов гелия от поверхности полупроводниковых образцов представлена на рисунке 4.3.



1 – исследуемый образец; 2 – кольцевой ППД детектор; 3 – коллиматоры

Рисунок 4.3 – Схема экспериментальной установки резерфордского обратного рассеяния

В рамках проведения исследований метод ядерного анализа (МЯА) применяется для определения концентрации и глубины, на которой находится максимальная поверхностная концентрация кислорода в плёнке нитрида кремния с примесями углерода и азота на подложке арсенида галлия. Облучение исследуемых образцов проводится на электростатическом генераторе ЭГ – 2,5 с использованием поворотных магнитов [16].

4.1 Результаты эксперимента

В результате проведения пробного эксперимента для предприятия полупроводниковой промышленности АО «НПФ «Микран» были получены

спектры, выведенные в программе Origin. Данные спектры можно увидеть на рисунке 4.4. По полученным спектрам в программе Simnra будут строиться энергетические спектры, и сравниваться со спектрами других элементов этой процедурой занимались работники лаборатории школы ядерных технологий и в скором времени предоставили готовые результаты.

Углерод и азот не удалось определить на поверхности исследуемых образцов арсенида галлия из-за того, что оборудование находящиеся в школе ядерных технологий (ТПУ) не имеет достаточной мощности в связи с находящимся там старым оборудованием. Но с современным аналогом электростатического генератора данная проблема исчезает. Тем не менее, удалось определить точный состав исследуемых образцов, которые подтвердили, что образцы действительно на основе арсенида галлия и имеют кремний на своей поверхности. Для калибровки данных полученных с поверхности исследуемых материалов использовалась обратная сторона полупроводниковой пластины, которая по данным технологов не имела никакого элементного состава на своей поверхности, а также использовалась пластина из золота, которая была помещена в вакуумную камеру вместе с исследуемыми образцами. Для примера можно вспомнить способы проведения анализов в городе Дубна, Московской области, где в качестве калибровочного материала использовалась плёнка алюминия, которая помещалась в вакуумную установку, перед тем как поместить образцы необходимые для исследования. Аналогичная ситуация происходит и в данном случае, только в случае школы ядерных технологий (ТПУ) используется пластина из золота.

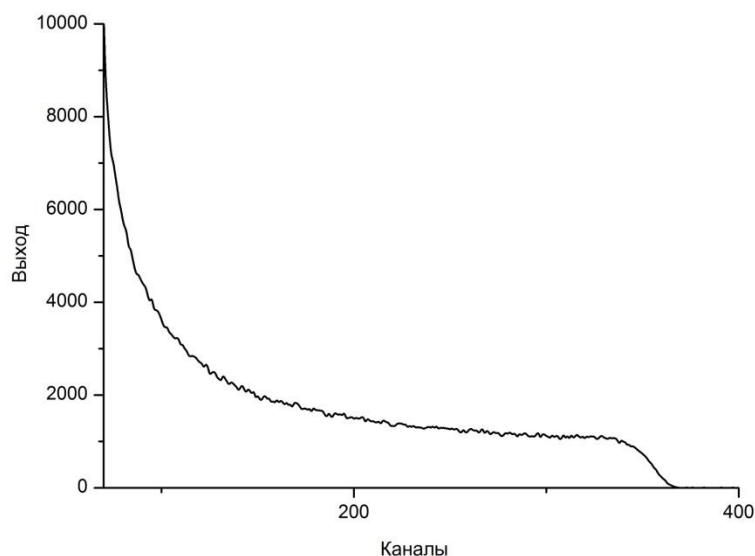


Рисунок 4.4 – Спектр обратной стороны арсенида галлия

Результат исследования, изображённый на рисунке 4.4 требует дальнейшей обработки в необходимом ПО Simnra, которое сможет точно показать процентную долю элементов, из которых состоит данный материал, а именно арсенид галлия, а также сможет показать его точное соотношение. Далее был проведён анализ лицевой стороны исследуемого, полупроводникового образца №1, на котором удалось обнаружить кремний, как и на других образцах, полученных на предприятии «Микран». Все первоначальные результаты анализа полупроводниковых образцов были обработаны в программе Origin. Номер канала на показанных графиках показывает, в какие части исследуемого образца проникали налетающие пучки ионов гелия.

Ионы гелия проникали в анализируемый образец на глубину от 2 до 5 нанометров и теряли свою энергию, сталкиваясь с атомами кристаллической решётки образца и его остальной внутренней структурой.

В итоге по результатам проведения пробного эксперимента удалось подтвердить, что данный способ контроля поверхности полупроводниковых пластин, действительно является неразрушающим. Однако если использовать данную технологию на основе только одной методики, то можно не суметь определить полный элементный состав, находящийся на поверхности

исследуемых образцов. Данный факт подтверждает, что для использования данного способа на инновационной площадке предприятия «Микран» необходимо основное оборудование для методов ядерного анализа, которое будет иметь технические характеристики для всех трёх основных методов, а именно: метод РОР, метод ЯО и метод ЯР.

На основе полученных результатов будут произведены многочисленные маркетинговые исследования, которые покажут насколько может быть эффективна описываемая технология на инновационных площадках других предприятий полупроводниковой промышленности. Программное обеспечение Simnra играет важную роль в обработке полученных результатов, когда результаты будут обработаны в данной программе и можно будет увидеть наиболее точный состав полупроводниковых образцов полученных на предприятии «Микран», то его можно будет использовать как основное вложение в письма, которые будут разосланы по электронной почте другим предприятиям Сибирского Федерального Округа (СФО).

Маркетинговые исследования смогут помочь выявить сильные и слабые стороны коммерциализации данной технической разработки с целью рассмотрения её внедрения на предприятия сопутствующей твёрдым телам промышленности. В зависимости от результатов исследований, возможно, будет привлечение партнёров и инвесторов в ходе реализации данного проекта. Помимо маркетинговых исследований, активно производится апробирование темы данного проекта на различных конкурсах, конференциях и фондах финансирования, например: фонд финансирования «Умник», конкурс «Инновационная радиоэлектроника», акселератор «Большая разведка», фонд финансирования «Старт», конференция «Инноватика – 2020», конференция «Научная сессия ТУСУР – 2020».

4.2 Обработка полученных результатов

Полученные результаты в школе ядерных технологий ТПУ обрабатывались в программе Simnra. Данная программа предназначена для

моделирования энергетических спектров заряженных частиц и выходов гамма – излучения для анализа ионного пучка с падающими ионами от примерно 100 кэВ до многих МэВ.

Simnra можно использовать для моделирования спектрометрии Резерфордовского обратного рассеяния (РОР), спектрометрии упругого обратного рассеяния с нерезерфордовскими сечениями, анализа ядерных реакций, анализа обнаружения упругой отдачи, рассеяния ионов средней энергии и гамма – излучение, вызванное частицами пучков ионов гелия.

ПО Simnra может рассчитать любую комбинацию ион – мишень, включая падающие тяжёлые ионы, и любую геометрию, включая геометрию пропускания. Возможны произвольные плёнки перед полупроводниковым детектором и произвольные окна луча обратного рассеяния.

В итоге, мы смоделировали в ПО Simnra результаты, показанные на рисунке 4.4. Данные результаты можно увидеть на рисунках 4.5 – 4.8, где красными точками обозначены экспериментальные значения, а синей линией – смоделированные значения. На рисунках видно, что экспериментальные и смоделированные значения хорошо согласуются между собой. На рисунках 4.5-4.8 спектры показаны в зависимости выхода от канала, где выход – сколько атомов попало в тот или иной канал, который находится в аналого-цифровом преобразователе.

На рисунке 4.5 построен чистый галлий арсенид, в то время как на рисунках 4.6 – 4.8 построены спектры с выявленным нитридом кремния (Si_3N_4).

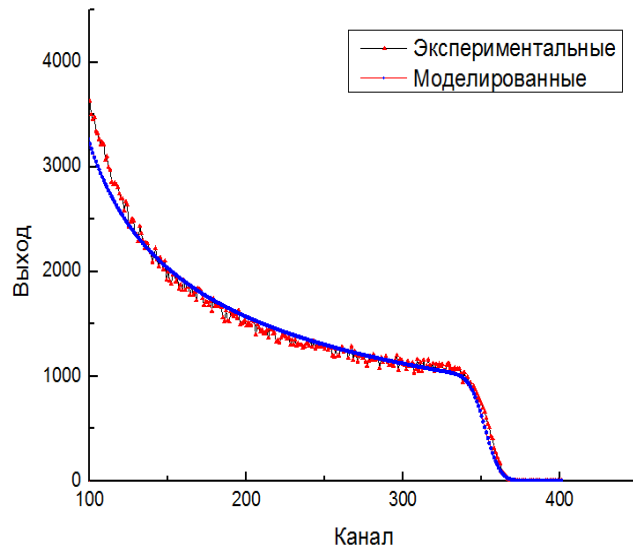


Рисунок 4.5 – Спектр чистого арсенида галлия

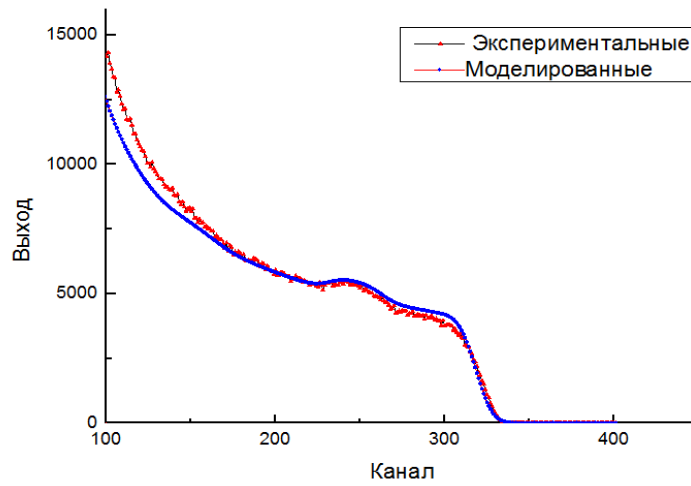


Рисунок 4.6 – Спектр первого образца арсенида галлия

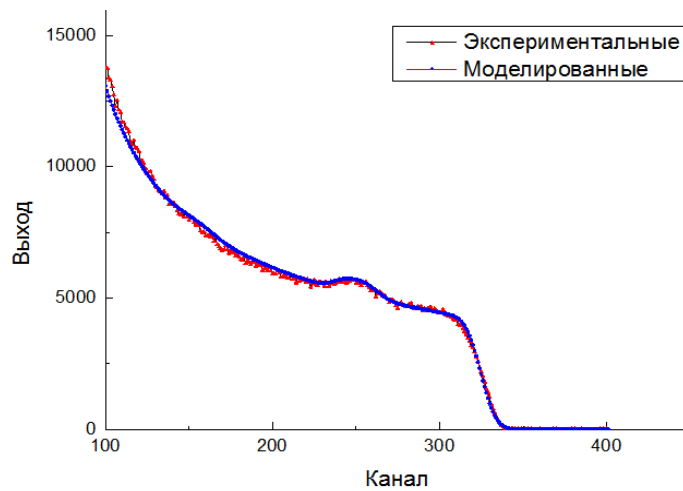


Рисунок 4.7 - Спектр второго образца арсенида галлия

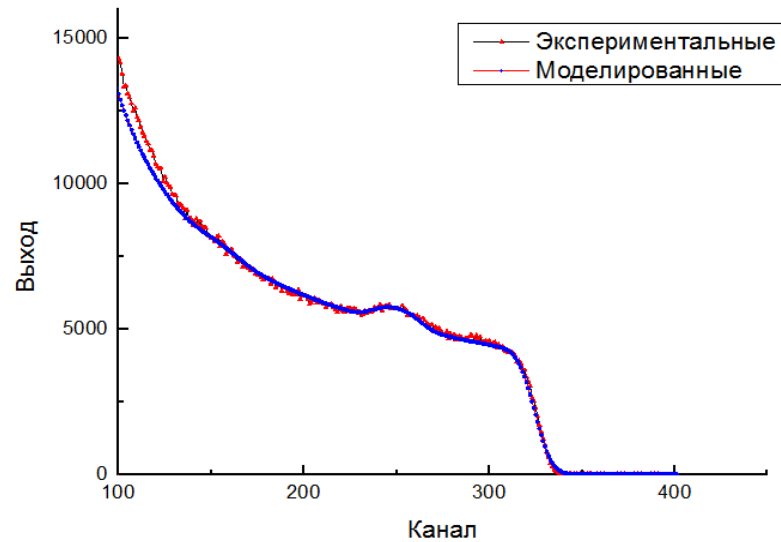


Рисунок 4.8 - Спектр третьего образца арсенида галлия

Исходя из результатов моделирования можно сделать заключение, что образцы состоят из арсенида галлия на которые нанесена плёнка Si_3N_4 , толщины которой указаны в таблице 4.1, погрешность измерений составляет 20нм. Также в таблице 4.1 указано, сколько атомов находится на площади образца 1 см^2 .

Таблица 4.1 – Толщины плёнок Si_3N_4 и поверхностная плотность атомов

Образец	$\times 10^{15} \text{ см}^{-2}$	нм
№1	1500	300 ± 20
№2	1220	240 ± 20
№3	1230	245 ± 20

5 Маркетинговые исследования

После проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, инновационный проект прошел стадию НИОКР и начал плавно перетекать на стадию маркетинга. Для того чтобы ускорить процесс перехода на стадию маркетинга были проведены маркетинговые исследования, которые затрагивают маркетинговые инновации. Этот момент производился с той целью, чтобы расширить целевую аудиторию использования данной технологии, а также для поиска новых ниш использования.

Для выявления существенных проблем в эксплуатации той или иной технологии предприятиями полупроводниковой промышленности, проводятся маркетинговые исследования, чтобы точно понять конкурентные преимущества инновационных технологий, способных на улучшение качества конечной продукции микроэлектронной промышленности. Достаточно неполный или неглубокий анализ поведения технологий на предприятиях ведёт к серьёзным неудачам. Неправильное позиционирование внедряемой технологии также может привести к неудачам, потому что для любой инновационной компании важно изучить те характеристики технологии, которые могут значительно улучшить качество выпускаемой продукции, и в своих выводах делать основной упор на то, что действительно может усилить конкурентные преимущества предприятия [19].

Таким образом, чтобы произвести более активное развитие, крайне важны исследования, направленные на обнаружение технических проблем. Для лучшего определения, происходящего в данный момент на предприятии, чтобы в нужное время заранее выявить потенциальные угрозы и заняться поиском новых возможностей, а также установить рациональные цели на будущее, начальству любого, технического предприятия необходимы технологии самого надёжного характера.

Однако просто обнаружить проблемы недостаточно, необходимо ещё найти способы их решения. Для этого проводят исследования для решения

технологических проблем. Задачи исследований подобного типа чаще всего сводятся к следующему:

1. Улучшение или ухудшение качества материалов, исследуемых с помощью существующих на предприятии технологий.
2. Исследование технической политики (тестирование новых технологий, новых услуг, позиционирования качества, пробные тесты и эксперименты в производственных точках).
3. Исследования ценовой сметы на необходимое оборудование для эксплуатации, внедряемой на предприятие технологии.
4. Исследования качества конечной продукции технической компании (сохранение качества материалов, использующихся в производстве продукции при контроле их с помощью существующих технических способов анализа).
5. Исследование каналов сбыта конечной продукции (выбор каналов, построение отношений с посредниками, представление производимой продукции в оптовых и розничных каналах).

Маркетинговые исследования принято делить по схеме их организации на поисковые и окончательные. Поисковые исследования нужны, чтобы определить и сформулировать проблему, выдвинуть предположения и гипотезы, а окончательные – чтобы подтвердить или опровергнуть и сделать выводы.

Целью поисковых исследований является сбор необходимой информации о проблеме или конкретном факте, а также основу для разработки новых технологических решений и методов. Обычно в таких исследованиях рассматривается маленькая и непрезентативная выборка, т.е. её результаты нельзя обобщать на всю исследуемую совокупность объектов, поэтому принимать важные решения по результатам таких исследований нежелательно. Для этого нужно провести окончательные маркетинговые исследования, которые бывают описательными и причинными.

Главная задача описательного исследования – описать технические характеристики внедряемой технологии, проанализировать результаты

использования данной технологии. Описательные маркетинговые исследования выявляют те характеристики объекта исследования, которые не случайны, а типичны для него. Данные исследования связаны с получением одноразовой информации от конкретных респондентов, и длительными, связанными с многократным получением необходимой информации.

Причинные исследования, в свою очередь, описывают информацию, которая появляется в результате специально спланированного маркетингового эксперимента. Они дают возможность при помощи создания контролируемой маркетинговой среды сделать выводы о существовании причинной связи между событиями или характеристикой параметров. Например, целью исследования данной работы является выяснить мнение других предприятий полупроводниковой промышленности России кроме АО «НПФ «Микран» на внедрение нового технологического способа контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа. На первом этапе отбираются два совершенно одинаковых по всем показателям предприятия микроэлектронной промышленности. На электронную почту одного из них отправляется основная информация по внедряемой технологии, а на другую – нет. На протяжении определённого времени сравниваются существующие технологии этих предприятий. По разнице можно сделать выводы о влиянии рекламы с помощью маркетинговых исследований. Получается, что при проведении причинных исследований в нашем случае осуществляется определённый маркетинговый эксперимент для выявления связи между различными параметрами, т.е. создаётся среда, которую контролируют извне. По идее это один из основных способов установления каких-либо закономерностей.

Все маркетинговые исследования проводятся всегда в двух направлениях для более адекватной оценки тех или иных технологических параметров в данный промежуток времени и получение прогноза их изменений. Как правило, прогнозные оценки используются при формировании общих целей и стратегии предприятия в целом.

Предприятие, которое проводит маркетинговые исследования самостоятельно или заказало его у специализирующейся фирмы, должна получить информацию о том, что продавать и кому, а также относительно того, какие технологии использовать для продаж и как их стимулировать. Без этого ни одно предприятие не достигнет конкурентных преимуществ. По результатам маркетинговых исследований предприятие может предопределить изменение целей и методов деятельности в целом.

На основе проведенного эксперимента по методам ядерного анализа на полупроводниковых образцах предприятия АО «НПФ «Микран» было принято решение провести маркетинговые исследования на основе полученных результатов эксперимента. С помощью электронной почты были совершены рассылки на несколько предприятий полупроводниковой промышленности России, где была описана суть технологии неразрушающего контроля с помощью методов ядерного анализа. Таким образом, было получено мнение руководства этих предприятий, на основе которого был составлен вывод об эффективности описываемой технологии для её коммерциализации в дальнейшем. Руководство предприятий по большей степени заявляло, что данная технология действительно может выступить в роли неразрушающего способа контроля на их предприятиях, тем не менее, на сегодняшний день не все предприятия полупроводниковой промышленности обладают равной степенью экономических возможностей, чтобы произвести расширение своих инновационных площадок для внедрения данной технологии. Для вложения инвестиций в проект в дальнейшем будут апробации данной темы на различных конкурсах финансирования с целью развития проекта «технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа» на инновационной площадке не только предприятия АО «НПФ «Микран», но и на других отечественных предприятиях микроэлектронной промышленности России. Для реализации этой цели будут произведены многочисленные экспертные семинары, которые смогут помочь выявлять слабые и сильные стороны проекта и в дальнейшем выделить больше

конкурентных преимуществ, которые может иметь описываемый способ контроля полупроводниковых пластин, используемых в производстве пассивных и активных компонентов электронной схемы, которые производятся на территории Российской Федерации.

5.1 Проведение маркетинговых исследований

Учитывая тот факт, что технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа может быть применима не только по отношению к полупроводниковым пластинам, но и к контролю поверхности естественных алмазов и металлических изделий. Для этого было принято решение проводить исследование не только для предприятий полупроводниковой промышленности, но и для производств алмазообрабатывающей и машиностроительной промышленности. Сначала проводился анализ предприятий, которые существуют в Сибирском Федеральном Округе (СФО) на наличие у них эксплуатации новых технологий, которые внедрялись на их инновационные площадки за последние несколько лет. Данный принцип маркетингового исследования проводился с целью выявления конкурентных преимуществ этих предприятий и их открытости для новых технологий, способных на улучшение качества конечной продукции, которую выпускают анализируемые предприятия. На основе сбора данных перед проведением маркетинговых исследований был сделан вывод, что на сегодняшний день предприятия полупроводниковой промышленности используют спектрографические комплексы для снятия спектров, с поверхности исследуемых полупроводниковых образцов, которые достаточно эффективно определяют примесный состав, но в то же время разрушают поверхность исследуемых полупроводниковых материалов, а также могут определять элементный состав, только на поверхности и в приповерхностных слоях образца. Данные комплексы отображают спектры примесей элементного состава, налетевшие на поверхность исследуемых образцов из окружающей

среды. Ссылаясь, на данный факт для проведения маркетинговых исследований были, проделаны шаги необходимые для реализации технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин на предприятиях микроэлектронной промышленности. Шаги для реализации внедрения способа неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин на предприятия микроэлектронной, алмазообрабатывающей и машиностроительной промышленности:

1. Подготовительный этап. На этом этапе мы определяем цель создания проекта, его назначение, сроки, необходимость привлечения специалистов интересующей нас промышленности и бюджет.

2. Этап разработки проекта. На данном этапе мы собираем всю необходимую информацию (источником информации могут быть публикации отраслевых ассоциаций, правительственные отчёты, статьи в специализированных журналах, интернет – информация), оценивая жизнеспособность самой концепции нового проекта (знать слабые и сильные стороны предприятия, куда хотим внедрить описываемую технологию, основные направления деятельности предприятия, реальные шансы воплотить данный проект в жизнь), написание проекта.

3. Этап обсуждения проекта. Ведущие специалисты структурных подразделений предприятий полупроводниковой промышленности изучают и обобщают все отзывы и по каждому обоснованному замечанию, готовят аргументированное заключение. После совместного обсуждения, проект дорабатывают, обсуждают повторно и принимают решение о его дальнейшей корректировке. В нашем случае, также распространение информации по электронной почте, об эффективности внедряемого способа контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа является необходимым доказательством достоинства описанной технологии для внедрения на предприятия, как полупроводниковой, так алмазообрабатывающей и машиностроительной промышленности.

4. Заключительный этап. На нём выполняют окончательную редакцию проекта, его утверждение у руководства предприятия и передачу всем заинтересованным организациям и лицам (акционерам, потенциальным инвесторам и др.).

Для маркетинга описываемой технологии было выбрано несколько предприятий алмазообрабатывающей и полупроводниковой промышленности. Эти предприятия находятся не только в СФО, но и по всей России, эти предприятия: ОАО «НИИПП», ЗАО «Протон-Импульс», АО «Росэлектроника», АО «НПП «Пульсар», НПК «Сибэлком», ПАО АК «Алроса», ОАО «ПО «Кристалл». Была собрана основная информация по этим предприятиям для лучшего осознания их технологичности, по полученным данным имеется следующая информация.

Научно – исследовательский институт полупроводниковых приборов ОАО «НИИПП» [20]. Предприятие электронной промышленности в г. Томске, которое было создано в 1964 г. АО «НИИПП» ведёт выпуск полупроводниковых приборов в основном для нужд электронной промышленности. Разработка и производство свч полупроводниковых приборов, интегральных схем, свч модулей и комплексированных устройств. Разработка и производство полупроводниковых светотехнических изделий и солнечных модулей. Разработка и производство изделий медицинской техники. Разработка и производство товаров промышленного и бытового назначения. СВЧ-полупроводниковые приборы на основе арсенида галлия (GaAs), в том числе заказные монолитные и гибридно-монолитные интегральные микросхемы, смесители, возбудители передатчика постановщика помех, интеграторы, модуляторы, АЦП и пр.

- Светодиоды видимого и ИК диапазонов;
- Солнечные батареи различной мощности;
- Малогабаритные станции водоподготовки;
- Изделий медицинской техники.

Разработка и производство электронных компонентов и устройств, светодиодные лампы и твердотельные реле. Группа компаний «Протон» ЗАО «Протон-Импульс» [21]. Предприятие образовано в мае 1995 года на базе предприятия, ранее относящегося к Министерству электронной промышленности и является одним из предприятий холдинга АО «Протон». Предприятие «Протон – Импульс» специализируется на разработке и производстве электронных компонентов и устройств:

- твердотельных оптоэлектронных реле;
- светодиодных индикаторных и осветительных ламп;
- входных и выходных модулей устройств, связи с объектами;
- силовых модулей;

– таймеров и блоков управления для холодильного оборудования, автоматических устройств отключения нагревательных приборов от электросети.

- энергосберегающих светодиодных светильников.

АО «Росэлектроника». Холдинг «Росэлектроника» объединяет ведущие предприятия и научные организации в области разработки и производства радиоэлектронных компонентов и технологий, средств и систем связи, автоматизированных систем управления, робототехнических комплексов, СВЧ - радиоэлектроники, вычислительной техники и телекоммуникационного оборудования.

«Росэлектроника» является ключевым участником радиоэлектронного рынка России. Образована Указом Президента России №764 от 23 июля 1997 года и Постановлением Правительства России №1583 от 18 декабря 1997 года входит в состав Государственной корпорации «Ростех».

На сегодняшний день холдинговая компания формирует более 50% выпуска электронных компонентов в России, 8% выпуска продукции радиоэлектронной отрасли в целом обеспечивает более 10% рабочих мест отрасли. Холдинг объединяет более 120 предприятий и научных организаций, специализирующихся на разработке и производстве радиоэлектронных

компонентов и технологий, средств и систем связи, автоматизированных систем управления, робототехнических комплексов, СВЧ-радиоэлектроники, вычислительной техники и телекоммуникационного оборудования. Общая численность сотрудников – более 70 тысяч человек. Продукция холдинга поставляется более чем в 30 стран мира, в том числе страны Европы, Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока, Африки и Латинской Америки.

Научно-производственное предприятие «Пульсар» АО «НПП «Пульсар» [22]. НПП «Пульсар» основан в 1953 году, постановлением Совета Министров СССР как первый в СССР отраслевой НИИ электронной промышленности для развития электроники в стране. В настоящее время АО «НПП «Пульсар» занимается разработкой и производством продукции со следующим направлением:

- СВЧ твердотельная электроника.
- Радиоэлектронные СВЧ-системы.
- Транзисторная электроника.
- Интегральные микросхемы.
- Фотоэлектроника.

Общество с ограниченной ответственностью «НПК «СибЭлком». Компания занимается разработкой и импортом электротехнической продукции напрямую от производителя и крупнейших мировых дистрибьюторов из Европы и Азии. Организация связывает отечественных производителей с лучшими продуктами мировой индустрии электроники, и поставляют практически весь спектр номенклатуры для производства активных и пассивных компонентов электронной схемы.

ПАО АК «Алроса». Акционерная компания «Алроса» (публичное акционерное общество). Крупнейшая публичная компания в алмазообрабатывающей и алмазодобывающей отрасли, ценные бумаги которой торгуются на Московской Бирже. Развитие алмазообрабатывающей отрасли берёт своё начало с 1954 года, когда в Якутии были открыты кимберлитовые

трубы, что послужило первым месторождением алмазов на территории Советского Союза.

ОАО «Производственное объединение «Кристалл». Крупнейший в России производитель бриллиантов и одно из крупнейших в мире предприятий по огранке природных алмазов в бриллианты. Предприятие берёт начало своего создания в 1963 году. Производственная база данного предприятия, регулярно совершенствуется в научно-исследовательской деятельности.

Основываясь на имеющуюся информацию о предприятиях были составлены электронные письма, в приложении которых присутствовали результаты эксперимента на полупроводниковых образцах, предприятия АО «НПФ «Микран». Составленные электронные письма были разосланы по электронной почте на указанные адреса описанных предприятий. В течение определённого времени ожидается ответ от вышеописанных предприятий, на основе которого будет разработан дальнейший план действий реализации проекта «технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин». В зависимости от ответов будут учтены все достоинства и недостатки в реализации данного проекта, а также добавлены какие-либо новшества, которые смогут укрепить его конкурентные преимущества. За последнее время реализации, проект находится на этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Если брать во внимание основные этапы бизнес-процессов, то после этапа НИОКР начинается этап маркетинга, для плавного перехода на следующий этап были проведены маркетинговые исследования, которые смогут показать насколько скоро будет произведён переход к следующему этапу.

У любой производственной компании есть предназначения и заинтересованности в новых технологиях, и эти компании делают всё в интересах своих потребителей. На этапах предварительного знакомства с техническими предприятиями можно сделать предположения об их назначении и результатах деятельности. Очень часто данная информация имеется на корпоративных сайтах, где уже можно выделить результаты основной

деятельности. Фактическое предназначение предприятий может отличаться от анализируемого, поэтому для построения адекватного маркетингового исследования необходимо сначала разобраться с важной конфигурацией заинтересованных сторон в описываемой технологии.

5.2 Проведение информационно-патентных исследований

В результате проведения информационно-патентных исследований [23] были рассмотрены различные способы контроля поверхности полупроводниковых пластин. На основе изученных данных об имеющихся на сегодняшний день технологиях неразрушающего контроля была получена информация, что для более точного определения состояния и свойств поверхности исследуемых пластин оптимальным является решение применять несколько различных способов анализа поверхности полупроводниковых образцов. В случаях эксплуатации полупроводниковых пластин, в процессе производства компонентов электронной схемы с минимальным технологическим размером элементов от 1 микрометра, получения полупроводниковых материалов на изоляторе методом сращивания подложек и других ситуациях, когда требуется максимально гладкая поверхность, необходимым фактором является сохранение нужного уровня шероховатости поверхности при проведении процессов химической: обработки, специальный отбор полупроводниковых пластин и химических реактивов.

На данном этапе развития микроэлектронной промышленности, производство полупроводниковых изделий развивается быстрыми темпами. Характерными тенденциями современного полупроводникового производства являются повышение степени интеграции элементов на кристалле, увеличение диаметра образцов с соответствующим уменьшением топологических норм. В производстве полупроводниковых приборов производят технологический маршрут после разных процессов (удаления фоторезистивного слоя, травления технологических слоёв и др.) подложки полупроводникового типа обрабатываются для очистки поверхности от различных загрязнений и

подготовки к последующим технологическим операциям – ионного легирования, нанесения эпитаксиальных слоёв и высокотемпературным диффузионным операциям. Химическая обработка проводится также при изготовлении структур без предварительных операций, например, при подготовке подложек к соединению. Поскольку в настоящее время производство полупроводниковых изделий стремительно развивается, соответственно развиваются методы химической обработки полупроводниковых пластин и контроля состояния поверхности исследуемых полупроводниковых материалов. Каждый из процессов химической обработки имеет как преимущества, так и недостатки перед другими методами контроля полупроводниковых пластин, поэтому в настоящее время нет универсального оборудования и технологии неразрушающего контроля, полностью удовлетворяющей всех производителей полупроводниковых приборов. Вероятнее всего, что развитие способов контроля полупроводниковых пластин будет зависеть от конкретных задач, решаемых производителями компонентов электронной схемы, и пойдёт по пути совмещения «разрушающих» и «неразрушающих» способов контроля поверхности используемых материалов.

Для исследования поверхности пластин на основе арсенида галлия применяются различные способы контроля поверхности. Для точного определения состояния и свойств поверхности, полупроводниковых образцов обычно идёт чередование различных способов контроля.

Основные принципы, на которых базируется любой способ контроля поверхности полупроводниковых пластин, заключается в следующем:

- технологические способы контроля должны состоять из ряда последовательных операций, из которых каждая предназначена для определения элементного состава. Технологические способы должны быть увязаны с общим технологическим маршрутом изготовления компонентов в целом;

- для определения элементного состава следует применять менее разрушающие способы.

Для увеличения эффективности исследования поверхности пластин разрабатывают различные технологические новшества для улучшения процессов контроля существующих способов, контроля поверхности полупроводниковых материалов, используемых в производстве микросистемных компонентов.

Существующие методы контроля поверхности полупроводниковых материалов, применяемые на сегодняшний день на предприятиях полупроводниковой промышленности, подразделяются на физические, химические и физико-химические. Поскольку процессы анализа полупроводниковой поверхности постоянно совершенствуются комбинированием и сочетанием различных способов. По агрегатному состоянию среды исследования методы контроля поверхности пластин делят на «жидкостные» и «сухие». Анализ в газовой среде или в вакууме относится к «сухим» методикам контроля поверхности пластин.

Общая схема существующих на сегодняшний день способов контроля выглядит следующим образом: облучение, сканирование, нанесение химических растворов, специальная сушка. Существуют различные модификации и разработки процессов контроля. Основные рассмотрены подробнее.

Электронная Оже-спектроскопия [24]. Данный неразрушающий способ контроля поверхности полупроводниковых пластин основан на облучении электронами, которые сталкиваясь с атомами примесей, налетевших на поверхность исследуемого образца, выбивает часть электронов из атомов налетевших примесей. Данный метод неразрушающего контроля способен определять элементный состав поверхности, только на определённых участках исследуемых образцов, а также способен проникать на незначительные глубины в приповерхностных слоях образца. Несмотря на свой неразрушающий эффект, недостатком данной технологии является определение примесного состава образца на менее значительных глубинах, а также, только на определённых участках площади поверхности исследуемых образцов, что

снижает конкурентные преимущества перед технологией неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа, где пучки ионов гелия способны проникать на глубину от 2 до 5 микрометров. Для сравнения электроны при оже-спектроскопии способны проникать на глубину от 1 до 5 ангстрем, а это 0,1 до 0,5 нанометров. Следовательно, при методах ядерного анализа можно исследовать полупроводниковые образцы на более большие глубины, чем при оже-спектроскопии.

Фотоэлектронная спектроскопия для химического анализа [25]. Данный способ контроля поверхности полупроводниковых материалов является достаточно разрушающим, но тем не менее несмотря на свой разрушающий эффект является достаточно эффективным методом контроля поверхности. Метод производится в результате облучения поверхности исследуемого образца с помощью рентгеновского или ультрафиолетового излучения. Если использовать ультрафиолетовое излучение, то как такового разрушающего эффекта при исследовании не будет, но шанс на точное определение элементного состава будет значительно низким, если использовать рентгеновское излучение данного метода, то можно более точно узнать элементный состав образца, но в таком случае будет высокий риск разрушения поверхности, что может повлечь за собой образование дефектов. Фотоэлектронная спектроскопия является одним из самых комбинированных способов, т.к. чередует в себе сразу разрушающий и неразрушающий метод контроля полупроводниковых пластин.

Нейтронно-активационный анализ [26]. Один из самых распространённых существующих способов контроля поверхности полупроводниковых пластин, используемых на предприятиях микроэлектронной промышленности. Он основан на исследовании поверхности полупроводниковых пластин с помощью тепловых нейтронов. Этот способ контроля поверхности применяется для оценки загрязнений, которые возникают в результате влияния факторов окружающей среды. Для фиксации элементного состава с помощью данного

способа контроля поверхности материалов используются полупроводниковые детекторы, которые регистрируют атомы налетевших примесей из окружающей среды.

Четырёх зондовый метод [27]. Существует масса электрических методов контроля параметров полупроводниковых материалов и одним из них является четырёх зондовый метод, который основан на контактировании зонда с поверхностью исследуемой пластины, через который протекает ток. Зонд, по которому происходит протекание тока для определения удельного сопротивления образцов в виде полупроводниковых материалов. Количество зондов бывает от 1 до 4 штук. На основе данного способа были созданы другие описываемые в этом разделе методы контроля поверхности, которые на сегодняшний день используются на предприятиях. Данный способ имеет недостаток по причине отсутствия способности определения элементного состава на поверхности исследуемых образцов и является достаточно разрушающим.

Метод Ван-дер-Пау [28]. При использовании данного метода для контроля поверхности исследуемых полупроводниковых образцов происходит формирование контактов на их боковой поверхности, благодаря которым определяется сопротивление полупроводниковой пластины. Между контактами подаётся напряжение, что позволяет определять сопротивление исследуемого образца. Данный способ имеет аналогию с четырёх зондовым методом и также является прародителем существующих способов контроля в микроэлектронной промышленности и также с его помощью невозможно определять элементный состав.

Вольт-фарадные и вольт-амперные характеристики полупроводников. Данные способы получили широкое применение на предприятии АО «НПФ «Микран» в (Томской области), городе Томск. Основная суть данного способа заключается в воздействии на структуру внешнего фотоактивного излучения и её нагревании по определённым законам. В разных случаях ёмкость, возникающая за счёт поглощения излучения, будет называться фотоёмкостью

или термостимулированной ёмкостью. Прародителем данного способа контроля полупроводниковых пластин является электронная теоретика приповерхностных областей пространственных зарядов и дифференциальной поверхностной ёмкости. Данный метод является неразрушающим, тем не менее на основе характеристик исследуемых образцов можно определять элементный состав, лишь поверхностно, а это понижает конкурентные преимущества данного метода перед другими способами контроля.

Характеристическое рентгеновское излучение (ХРИ) [29]. Данный метод получил своё широкое применение не только в полупроводниковой отрасли, но и также в алмазобрабатывающей промышленности. Этот способ контроля является разрушающим и основан на применении физического явления – проникновения ускоренных частиц в образец и их торможении не только электрическим полем атомов, но и непосредственным столкновением с электронами атомов исследуемого материала. ХРИ достаточно давно имеет своё применения в (Томской области), городе Томск на предприятии полупроводниковой промышленности НИИПП (научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов). Метод ХРИ является разрушающим контролем поверхности твёрдого тела, что влияет на образование дефектов на поверхности твёрдых тел и смещений различного типа в структуре атомов кристаллической решётки исследуемого образца и повышения брака среди готовой продукции. Помимо прочего, данный метод имеет конкурентное преимущество, несмотря на своё разрушающее воздействие по отношению к исследуемым образцам, т.к. с помощью данного способа возможна регистрация примесей, атомная масса которых меньше атомной массы налетающих ионов, например, водорода и его изотопов (дейтерия).

Оптическая спектроскопия [30]. Оптические методы контроля поверхности полупроводниковых структур обладают высоким уровнем чувствительности к присутствию на поверхности исследуемых образцов инородных примесей. Данный метод используется для решения необходимых задач:

- контроль фоторезистивного слоя, нанесённого на поверхность исследуемых материалов;
- исследование структуры атомов кристаллической решётки полупроводниковых образцов;
- измерение электрофизических параметров;
- исследование явлений происходящих на поверхности объектов исследования.

Суть метода оптической спектроскопии заключается в попадании на поверхность исследуемых образцов оптически-поляризованных лучей света. В большинстве своём описываемый метод может применяться для прозрачных тел и его использование по отношению к непрозрачным телам является недостаточно эффективным методом контроля. Тем не менее, оптическая спектроскопия имеет широкое применение на предприятиях полупроводниковой промышленности, если в качестве источника излучения использовать специальные лазеры. Для примера может послужить использование лазера, излучающего в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны 10,6 микрометров, позволяет расширить диапазон измерения толщины эпитаксиальных слоёв полупроводниковых материалов до 2 микрометров с погрешностью приблизительно на уровне 0,05 микрометров. Помимо этого, использование ультрафиолетового излучения в оптической спектроскопии позволяет решить проблемы с бесконтактным измерением концентрации примесей на поверхности исследуемого полупроводника, также контроль адгезии и адсорбции.

Благодаря проведению информационно-патентных исследований удалось лучше изучить существующие на сегодняшний день технологии контроля поверхности полупроводниковых материалов, используемых на предприятиях микроэлектронной промышленности в Российской Федерации. На их основе можно сделать вывод, что методы ядерного анализа имеют достаточно большие перспективы для их использования на инновационной площадке каких-либо предприятий, нуждающихся в технологиях контроля

материалов для производства тех или иных компонентов технического содержания.

5.3 Конкурентный анализ

Для выявления конкурентных преимуществ технологии описываемой в данной работе, проводился сравнительный анализ с другими технологиями контроля поверхности полупроводниковых пластин, существующими на предприятиях микроэлектронной промышленности. Для проведения сравнительного анализа с технологией неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа брались способы наиболее неразрушающего эффекта. Описываемые способы частично были взяты из предыдущей главы «информационно-патентный поиск».

Метод Оже-спектроскопии. Несмотря на свой неразрушающий эффект данный способ уступает методике ядерного анализа по той причине, что с помощью оже-спектроскопии возможно определение элементного состава, только на определённых участках исследуемых образцов, а этот фактор повышает уровень конкурентных преимуществ ядерного анализа перед оже-спектроскопией. Единственным достоинством метода Оже является наименьший уровень затрат на реализацию данного способа контроля поверхности полупроводниковых материалов на высокотехнологичных предприятиях, образцы которых требуют исследования поверхности на присутствие инородных примесей способных повлиять на снижение качества исследуемых материалов. Выявляя конкурентные преимущества данного метода, было выявлено, что в городе Томск существует школа Томского Политехнического Университета, которая занимается контролем поверхности образцов для предприятий АО «НПФ «Микран» и также для Научно-Исследовательского Института Полупроводниковых Приборов (НИИПП). В отличии от методов ядерного анализа, описываемый способ контроля поверхности имеет более широкую аудиторию своему применению. Для укрепления конкурентных преимуществ МЯА перед методом Оже проводились

немалочисленные экспертные семинары и маркетинговые исследования для расширения целевой аудитории, использования МЯА.

Характеристическое рентгеновское излучение. Как уже было описано в предыдущем разделе, данный способ контроля поверхности имеет незначительно разрушающий эффект при его использовании. Тем не менее, его конкурентные преимущества подкреплены тем фактом, что его использование получило широкое применение на предприятии полупроводниковой промышленности НИИПП в городе Томск. Несмотря на свой разрушающий эффект данный метод является наименее затратным по сравнению с методами ядерного анализа и по этой причине происходит всё большее расширение целевой аудитории использующей данный способ на предприятиях требующих первоначального контроля на их материалах.

Атомно-силовая микроскопия. Один из неразрушающих способов контроля применяемый на предприятиях полупроводниковой промышленности получивший широкое использование для полупроводниковых тел. С помощью данного способа можно исследовать проводящие и непроводящие поверхности. Этот метод контроля был признан не самым удачным способом исследования элементного состава на поверхности полупроводников и был заменён на оптические способы сканирования поверхности. Тем не менее, на сегодняшний день имеет своё применение на предприятиях, в качестве анализа примесей, скопившихся на поверхности исследуемых образцов. Конкурентным преимуществом данного способа является низкая стоимость на необходимое оборудование для эксплуатации. Благодаря развитию атомно-силовой микроскопии появились такие методы, как магнитно-силовая микроскопия, силовая микроскопия, электросиловая микроскопия. Одним из основных недостатков атомно-силовой микроскопии относится небольшой размер поля сканирования. При данном методе получаемые изображения оказываются искажёнными тепловым дрейфом из-за низкой скорости развёртки данного метода. С помощью атомно-силового метода микроскопии можно исследовать структуру атомов кристаллической решётки исследуемых образцов, но из-за

влияния теплового дрейфа, чаще всего происходит искажение полученных результатов.

Рентгеноэлектронная спектроскопия. Способ контроля получил своё широкое применение для анализа химических соединений на поверхности твёрдых тел на основе анализа фотоэлектронов, вылетающих из вещества под воздействием рентгеновского излучения. Основным ослаблением конкурентных преимуществ данного метода перед ядерным анализом является степень разрушаемости данного способа контроля поверхности твёрдых тел. С помощью данного типа спектроскопии можно установить распределение концентрации элемента по глубине образца, а также интенсивность распределения инородных примесей по исследуемой поверхности образца. Метод является незначительно затратным, однако некоторые элементы оборудования для эксплуатации данной технологии являются затратными, что повышает стоимость на реализацию данного способа контроля на инновационных площадках предприятий различного типа промышленности, где может потребоваться контроль образцов.

На основе проведённого конкурентного анализа ясно, что существующие предприятия комбинируют разрушающие и неразрушающие способы контроля поверхности полупроводниковых образцов, этот факт повышает конкурентные преимущества методов ядерного анализа по той причине, что с помощью их применения можно проводить контроль без комбинаций с другими способами контроля. На данный момент аналогичное оборудование имеющее своё нахождение в Томском Политехническом Университете является достаточно устаревшим, т.к. используется с 60-х годов прошлого столетия. По этой причине конкурентные преимущества в использовании методов ядерного анализа на предприятиях города Томска снижаются и тоже требуют комбинаций с другими существующими способами контроля для точного определения элементного состава на поверхности исследуемых материалов. Если вложить инвестиции в приобретение нового оборудования для проведения методов ядерного анализа в той или иной производственной сфере, то можно

усилить конкурентные преимущества данной технологии неразрушающего контроля. С помощью нового оборудования для проведения МЯА можно определять не только инородный состав примесей на поверхности исследуемых образцов, но и также изучать внутреннюю структуру образцов без каких-либо разрушений и комбинаций с другими существующими способами анализа поверхности полупроводниковых материалов. Если брать во внимание способы привлечения инвестиций с помощью фондов и конкурсов финансирования, то в зависимости от требований и положений этих фондов можно составлять бизнес-план по реализации данного инновационного проекта на самостоятельной площадке или на площадке уже готовых и сформированных предприятий. Положения некоторых фондов финансирования подразумевают реализацию проектов, только на самостоятельной площадке, а именно поэтому возникают сложности внедрения новых технологий в виде инновационных проектов. Для этого производится развитие самостоятельных ИП с намерением войти в состав готового предприятия в будущем после исполнения основных условий фондов финансирования. В случае реализации инновационного проекта по внедрению технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа были направлены заявки на участие в конкурсах финансирования с целью не только развития данного проекта, но и укрепления его конкурентных преимуществ. Если в дальнейшем будет получено финансирование, то по мере поступления реализации будут производиться необходимые работы, на основе которых появится возможность внедрения описываемой технологии на высокотехнологичное предприятие ОА «НПФ «Микран» с целью улучшения качества конечной продукции данного предприятия.

5.4 Патентные исследования

Наименование работы (темы) – Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности твёрдого тела с использованием ядер отдачи.

Шифр работы (темы) – «Тополь-7»

Сроки его выполнения – 10.02.2019 – 25.05.2019 г.

Основные задачи патентных исследований:

- проведение патентного поиска;
- проверка уникальности разработки;
- поиск патентов по теме методики определения элементного состава на поверхности твёрдых тел;
- поиск информационных материалов (статей, докладов и т.п.).

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Виды патентных исследований	Подразделения исполнители (соисполнители)	Ответственные исполнители (Ф.И.О.)	Сроки выполнения патентных исследований. Начало. Окончание.	Отчетные документы
Патентно-информационные исследования	ТУСУР, ФИТ, каф. УИ	Молчанов Александр Сергеевич	Начало – 10.02.2019 г. Окончание – 25.05.2019 г.	Отчет о поиске

Руководитель

патентного подразделения

Карнышев В. И. «__» _____ 2019 г.

Руководитель подразделения

исполнителя работы

Нариманова Г. Н. «__» _____ 2019 г.

ФОРМА РЕГЛАМЕНТА ПОИСКА

Регламент поиска № 557

От 10.02.2019 г.

Наименование работы (темы) – Определение элементного состава примесей на поверхности твёрдого тела с использованием ядер отдачи.

Шифр работы (темы) – «Тополь-7»

Номер и дата утверждения задания - № 777 от 10.02.2019

Цель поиска информации – Поиск патентов по тематике определения элементного состава на поверхности твёрдых тел.

Обоснование регламента поиска – маркетинговые исследования с целью выявления конкурентных преимуществ.

- Глубина поиска в отношении всех объектов – 20 лет.
- Страны поиска: все страны мира.
- Источники информации, по которым будет проводиться поиск:

Сайт Google patent: <https://patents.google.com/>

Начало поиска – 10.02.2019 г.

Окончание поиска – 25.05.2019 г.

Предмет поиска (объект исследования, его составные части, товар)	Страна поиска	Источники информации, по которым будет проводиться поиск				Ретро- спекти в- ность	Наимено вание информа ционной базы (фонда)
		патентные		НТИ			
		Наименован ие	Классификационные рубрики:	Наименование	Рубри ки УДК		
Метод определен ия элементн ого состава	Все страны мира	Сайт Google patent;	МПК - H05K, H02H, G12	Сайт патентов технических разработок и научных исследований	УДК – 53, 62		Сайт ФИПС

Отчёт о поиске

Поиск проведён в соответствии с заданием профессора кафедры УИ, Монастырного Евгения Александровича № 777 от 10.02.2019 г. И регламентом поиска № 557 от 10.02.2019 г.

Начало поиска 10.02.2019 г. Окончание поиска 10.02.2019 г.

Поиск выполняется в соответствии с регламентом поиска № 557 от 10.02.2019 г.

Материалы, отобранные для последующего анализа, представлены в таблицах 5.1.

Таблица 5.1 – Патентная документация

Предмет поиска (объект исследования)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Классификационный индекс*	Заявитель (патентообладатель), страна. Номер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации*	Название изобретения (полной модели, образца)	Сведения о действии охранного документа или причина его аннулирования (только для анализа патентной чистоты)
Методика определения элементного состава на поверхности и твёрдых тел	Казахстан, патент № 2199111 Классификационный индекс - <u>G01N23/203</u>	Дочернее государственное предприятие "Институт ядерной физики" Национального ядерного центра Республики Казахстан (KZ) подача заявки: 20.02.2003 публикация патента: 2001-05-04	Способ определения шероховатости поверхности	Действует
Методика определения элементного состава на поверхности и твёрдых тел	Россия, патент № 2371740 Классификационный индекс - <u>G01T3/06</u>	Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова" (RU)	Определение водорода методом протонов отдачи	подача заявки: 2008-04-08 публикация патента: 27.10.2009

Продолжение таблицы 5.1

Методика определения элементного состава на поверхности твёрдых тел	Россия, патент № RU98111539A Классификационный индекс - G21F 9/04	Белоярская атомная электростанция (RU)	Способ отчистки воды от радионуклидов	подача заявки: 1995-06-28 публикация патента: 1997-09-20
Методика определения элементного состава на поверхности твёрдых тел	Россия, патент № WO 2010/019068 A1 Классификационный индекс - H05G2/003	<u>Альбина Александровна КОРНИЛОВА</u> (RU) <u>Владимир Иванович ВЫСОЦКИЙ</u> (RU) <u>Николай Николаевич СЫСОЕВ</u> (RU) <u>Андрей Викторович ДЕСЯТОВ</u> (RU)	Способ получения рентгеновского излучения и устройство для его осуществления	подача заявки: 2008-08-12 публикация патента: 2010-02-18

Таблица 5.2 – Научно-техническая, конъюнктурная, нормативная документация и материалы государственной регистрации (отчёты о научно-исследовательских работах)

Предмет поиска	Наименование источника информации с указанием страницы источника	Автор, фирма (держатель) технической документации	Год, место и орган издания (утверждения, депонирования источника)
Методика определения элементного состава на поверхности твёрдых тел	http://ru-patent.info/21/95-99/2199111.html [электронный ресурс] Способ определения шероховатости поверхности (дата обращения: 27.03.2020).	Володин Валерий Николаевич (KZ); Горлачев Игорь Дмитриевич (KZ); Тулеушев Адил Жианшахович (KZ)	2003, Дочернее государственное предприятие "Институт ядерной физики" Национального ядерного центра Республики Казахстан (KZ)

Продолжение таблицы 5.2

Методика определения элементного состава на поверхности твёрдых тел	ЖУРНАЛ: СПРАВОЧНИК ХИМИКА 21 ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ Страницы: 342. Привести в соответствие	С.И. Бабушкина; А.С. Кочетова; В.М. Скитина; Г.А. Петров; М.М. Новичкова; Р.А. Шкиперова	1978, Издательство химия. 107076, (Москва)
Методика определения элементного состава на поверхности твёрдых тел	https://patents.google.com/patent/WO2015156698A1/ru?q=Способ+очистки+воды+от+радионуклидов – [электронный ресурс] – Способ отчистки воды от радионуклидов (дата обращения: 27.03.2020).	Альбина Александровна Корнилова, Владимир Иванович Высоцкий	2015, «Всемирная организация интеллектуальной собственности» Россия
Методика определения элементного состава на поверхности твёрдых тел	https://patents.google.com/patent/WO2010019068A1/ru?q=Способ+получения+рентгеновского+излучения+и+устройство+для+его+осуществления – [электронный ресурс] – Способ получения рентгеновского излучения и устройство для его осуществления (дата обращения: 27.03.2020).	Николай Николаевич Сысоев, Андрей Викторович Десятов	2010, «Всемирная организация интеллектуальной собственности» Россия

6 Стоимостные оценки

В настоящее время в любых исследованиях стоимостных оценок актуальной задачей является извлечение преимуществ из каких-либо научно-технических разработок с целью обоснования затрат на их реализацию. Данную проблему решает коммерциализация технических результатов работы инженеров-исследователей. В данном разделе рассматриваются стоимостные оценки процесса коммерциализации способа неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа (МЯА).

Сейчас для определения элементного состава примесей на поверхности твёрдых тел чаще всего применяются технологии контроля на которые требуются наименьшие затраты по сравнению с МЯА. Методы ядерного анализа основаны на применении физического явления – упругого рассеяния ускоренных частиц на большие углы при их взаимодействии с атомами вещества. МЯА достаточно давно применяются в академических и научно-исследовательских целях для определения внутренней и поверхностной структуры исследуемых полупроводниковых тел. Однако данная технология неразрушающего контроля не имеет применения в промышленных масштабах по причине своей финансовой многозатратности. Данное обстоятельство снижает спрос на использование данной технологии в производственных сферах. В отличие от методов, скомбинированных разрушающими и неразрушающими способами контроля, МЯА позволяют регистрировать наличие в исследуемом образце примесей без каких-либо повреждений и дефектов.

Процесс оценки стоимости любого инновационного проекта состоит из нескольких этапов:

- 1) определение стоимости проекта;
- 2) определение оценки стоимости НИОКР;
- 3) определение ценовой сметы;

- 4) распределение необходимого бюджета по проекту;
- 5) контроль затрат на реализацию проекта.

Перед тем как приступить к рассмотрению стоимостных оценок по инновационному проекту, цель которого является использование неразрушающего метода определения элементного состава в промышленной сфере (далее по тексту – МОЭС), определимся с областью его применения. Любой МОЭС осуществляется с целью определения инородных примесей на поверхности твёрдых тел, которые способны негативно повлиять на качество готовой продукции.

Предметом исследования стоимостных оценок является оценка стоимости на реализацию данной технологии в промышленных масштабах и как следствие требует не только создание ценовой сметы на необходимое оборудование, но и учитывает строительно-монтажные работы по реконструкции технологических участков предприятия для внедрения новых производственных технологий.

Ценовая смета – это плановый расчёт на будущие расходы, которые связаны с внедрением новых технологий на производственные площадки предприятия с учётом текущего состояния производственных процессов. Если в таком случае не будут учтены текущие состояния на выбранном для внедрения предприятии, то начнётся повышение рисков невыполнения реализации инновационного проекта, а также формирования непредвиденных обстоятельств, требующих дополнительных затрат ценового планирования.

Контроль финансовых расчётов по составляемой ценовой смете является важной составляющей для того, чтобы учесть все возможные расходы и доходы от использования внедряемой технологии, которая в дальнейшем может стать услугой не только для предприятия, которое внедрило технологию на свою территорию, но и аутсорсинг с другими компаниями, которые будут готовы повышать доход предприятия за счёт использования полезных свойств данной услуги.

Хорошо известно, что благодаря созданию ценовой сметы возможно подсчитать насколько адекватной может быть реализация того или иного

проекта на территориях предприятий, использующих технические решения по улучшению качества выпускаемой продукции.

Необходимым условием является, что при составлении ценовых составляющих любого проекта стоит обязательно учитывать важные факторы, такие как: описание продукта или услуги, определение портрета целевой аудитории и их нужд на основе сформированной ценовой сметы, проведение экспертных семинаров (интервью) с представителями целевой аудитории в виде потребителей и профессионалов, проведение коррекции ценовой сметы после экспертных семинаров, учёт потенциальной ёмкости рынка.

Если расчётные показатели ценовой сметы имеют одинаковые значения за несколько определённых периодов реализации проекта, то начинает возрастать доверие к такой оценке. Но, если же происходят негативные изменения вроде разных значений перерасчёта или затрат, то показатель доверия к такой оценке с каждым разом снижается и влечёт за собой негативные последствия для реализации инновационного проекта.

Именно поэтому в данной работе в главе «технологический участок и необходимое оборудование» была разработана ценовая смета не только для необходимого оборудования, при эксплуатации которого производится услуга технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин, но и были учтены строительные-монтажные работы на высокотехнологичном предприятии АО «НПФ «Микран». По учёту ценовой сметы на реализацию данного проекта вышло почти 2 миллиона рублей, что является достаточно большой и затратной ценой, но возможной для таких инновационных предприятий, как «Микран». На данном этапе развития проекта чётко сформулированы и проанализированы текущие состояния проекта, на основе которых можно проводить прогноз дальнейшего хода действий, ведущих к коммерциализации описываемой научно-технической разработки, из которой возможно извлечение выгоды с целью получения финансового дохода. Для контроля стоимости применялся метод освоенного объёма позволяющий прогнозировать стоимость проекта.

6.1 Описание услуги

Методы определения элементного состава (МОЭС) примесей на поверхности твёрдого тела – это технология неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин, применимая также к другим типам твёрдых тел. Данная технология является одним из неразрушающих способов анализа с применением ядерных технологий, которые могут найти широкое применение в различных сферах промышленности перед проведением специальных технологических операций по очистке поверхностных слоёв твёрдых тел, используемых в производстве продукции технического характера. В данной работе идёт большой упор на предприятия микроэлектронной промышленности, а, как известно на поверхности полупроводниковых образцов использующихся в производстве микроэлектроники скапливаются примеси различного типа элементного состава, которые в дальнейшем влияют на снижение качества готовых компонентов электронной схемы. Данная технологическая услуга направлена на выявление этих инородных примесей с целью сохранения качества исследуемого образца. Чем точнее будет проведён анализ элементного состава, тем более вероятно, что поверхность будет качественно очищена от инородного состава и будут применены именно те технологии очистки поверхности, которые необходимы для сохранения основных свойств поверхности исследуемого материала. В этом может помочь услуга методов ядерного анализа, как технология, направленная на неразрушающий контроль поверхности полупроводниковых пластин. Необходимые затраты на разработку данной услуги составляют: 1 253 250 рублей без учёта проведения строительно-монтажных работ. Учитывая полезные свойства данной технологии по отношению к исследованию поверхности полупроводниковых пластин можно сделать вывод, что основной целевой аудиторией являются предприятия полупроводниковой промышленности в городе Томск, с которыми были проведены экспертные семинары.

6.2 Описание целевой аудитории и их нужд на основе сформированной ценовой сметы

Для описания целевой аудитории использования данной технологии в городе Томск (Томская область) была составлена структура предприятий полупроводниковых приборов, как основная целевая аудитория, которая может непосредственно иметь интерес в использовании данной технологии в производстве полупроводниковой продукции, выпускаемой ими.

На рисунке 6.1 изображена структура этих предприятий полупроводниковой промышленности.



Рисунок 6.1 – Основная целевая аудитория

Такие предприятия на территории г. Томск как Научно-Исследовательский Институт Полупроводниковых Приборов (НИИПП) или «Микран» на сегодняшний день имеют достаточно высокий доход с продвижения продуктов собственного производства на рынок. Но, несмотря на высокие экономические показатели, имеются проблемы с повышением брака среди готовой продукции, это связано с тем, что на сегодняшний день предприятия используют методы разрушающего контроля поверхности или методы недостаточно точного определения примесного состава на поверхности исследуемых образцов. Как известно, вышеперечисленные предприятия направлены на военную промышленность и регулярно получают

государственное финансирование за счёт федеральных целевых программ и выполнения государственных заказов. Любая инновационная технология способная снизить уровень бракованных компонентов на их промышленной территории может заинтересовать их высокопоставленный круг лиц.

Если серьёзно заинтересовать менеджерский состав вышеперечисленных предприятий, то можно добиться вложения инвестиций в реализацию проекта по внедрению описываемой технологии. На данных этапах развития проект будет обретать определённую степень зрелости, за счёт которой начнёт переходить на следующие этапы инновационного проекта. Когда инновационный проект достигает зрелости, он превращается в коммерциализацию научно-технической разработки. Получая инвестиции для реализации проекта, удаётся обеспечить поэтапный переход к коммерциализации. Предприятия полупроводниковой промышленности в городе Томск по большей степени подразделяются на 2 основных раздела, а именно: гибридные интегральные схемы (ГИС) и монолитные интегральные схемы (МИС). Монолитные интегральные схемы (МИС) являются более подходящими для их исследования с помощью описываемой технологии, а именно поэтому экспертные семинары были направлены на общение с ведущими инженерами предприятия для подтверждения неразрушающих свойств описываемого способа. В зависимости от экспертных оценок ведущих инженеров предприятий, был составлен план, по которому могут решаться нюансы вложения инвестиций в проект со стороны менеджеров предприятия «Микран». При наличии выигрыша в фондах финансирования, станет удаваться вкладывать инвестиции в проект пополам с лицами «Микран», которые непосредственно занимаются коммерческой деятельностью на данном предприятии и финансируют развитие полупроводниковой отрасли в Томской области.

6.3 Описание экспертных семинаров по инвестиционным вложениям

Инженера предприятий НИИПП и «Микран» рассказали о засекреченности многих источников информации по работоспособности данных предприятий по причине промышленности направленной на военную сферу. Тем не менее удалось узнать, что несмотря на затраты внедрения метода контроля поверхности ядер отдачи, может повысить шансы на согласие начальства этих предприятий внедрить данную методику на свои предприятия по причине их заинтересованности хотя бы в малом процентном соотношении, но тем не менее улучшении качества создаваемых компонентов электронной схемы, как конечный продукт использующийся в дальнейшем в электронных устройствах военной техники. На основе гипотезы, в дальнейшем будут проработаны планы по коммерциализации данной методики на указанные предприятия.

В таблице 6.1 указана сравнительная характеристика внедряемой технологии с существующей технологией, которая используется в городе Томск на предприятиях НИИПП и «Микран».

Таблица 6.1 – Сравнительная ценовая характеристика

Технология контроля поверхности	Стоимость оборудования	Габариты оборудования	Количество персонала	Разрушение
(МЯА)	1 253 250 рублей	Масса – 100-150 кг Размер – 1,5 м* 2 м	2-3 человека	Нет
Методы (ХРИ)	1 300 000 рублей	Масса – 60 – 100 кг	2-3 человека	Да

6.4 Стоимость технологического процесса

На протяжении многих лет существования предприятия АО «НПФ «Микран» наблюдается как спад, так и подъём производства выпускаемых ими

полупроводниковых приборов. В 2018 году предприятием «Микран» было произведено 71 375,8 тысяч штук приборов полупроводниковых, кристаллов пьезоэлектрических, что на -16,4% ниже объёма производства предыдущего года.

АО «НПФ «Микран» стал лидером производства полупроводниковых приборов, кристаллов пьезоэлектрических в (тыс. шт) от общего объёма за 2018 год.

Это всё обусловлено тем фактом, что предприятие «Микран» соглашается использовать новые производственные технологии для совершенствования качества их выпускаемой продукции.

Текущее состояние аналогичного оборудования для проведения МЯА, которое находится в школе ядерных технологий ТПУ на сегодняшний день является достаточно отставшим от оборудования зарубежных производителей в масштабе деятельности и широте предложения: а) малые масштабы деятельности означают малые инвестиционные возможности в НИОКР и развитие лабораторных условий школы; б) при малых масштабах деятельности учёные школы ядерных технологий ТПУ не соответствуют критериям крупных исполнителей заказов (в том числе с высокотехнологичными предприятиями полупроводниковой промышленности), которым требуется комплексное проведение научных исследований, высокий уровень сервиса и гарантий. Значительная часть оказания данной услуги находится вне конкурентной среды, под управлением высшего государственного образовательного учреждения в условиях административного распределения заказов и финансирования. Это приводит к следующему:

- а) лишает стимулов повышать экономическую эффективность;
- б) лишает мотивации проведения исследований для производственного масштабирования;
- в) лишает дополнительных способов получения инвестиций для развития и улучшения эксплуатируемого оборудования;
- г) является основной причиной недоверия частных инвесторов к отрасли.

Методы ядерного анализа составляют десятые доли процентов их использования в отличие от других существующих способов контроля поверхности полупроводниковых пластин. Масштаб использования методов ядерного анализа меньше, чем у большинства существующих технологий, которые имеют достаточно разрушающий эффект при исследовании образцов. Поэтому на сегодняшний день для расширения возможностей описываемых методов проводятся многочисленные экспертные семинары с высокотехнологичными предприятиями для возвышения статуса данной технологии контроля. Пока удалось совершить сотрудничество между школой ядерных технологий и предприятием «Микран» для проведения совместных исследований и научных открытий с помощью МЯА.

Как утверждают высокопоставленные лица обеих сторон, данное сотрудничество считается аутсорсингом, на который в ближайшее время будет заключён договор на эксплуатацию имеющегося оборудования. Цена за эксплуатацию будет решена методом торгов и будет являться фиксированной, только после заключения контракта на предоставляемые услуги обеими сторонами. Данное обстоятельство не может дать точного ответа на вопрос: какова стоимость услуги МЯА для предприятия «Микран»? Но, тем не менее, есть хороший прогноз на то, что со временем сотрудничества двух сторон цены зафиксируются и будут известны наверняка не только предприятию «Микран», но и другим предприятиям в городе Томск, которые используют контроль поверхности твёрдых тел при производстве технической продукции различного типа.

Заключение

По результатам проделанной работы можно отметить, что все поставленные цели были достигнуты. Были получены следующие результаты.

- Исследованы принципы использования традиционных способов контроля поверхности твёрдых тел. В основном для контроля поверхности твёрдых тел используют разрушающие или малоэффективные способы, такие как характеристическое рентгеновское излучение, вольт-амперные или вольт-фарадные характеристики.
- Проведен поиск решения проблем, связанных со снижением качества готовых компонентов электронных схем.
- Разработан инновационный проект по внедрению неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин на высокотехнологичные предприятия.
- Дана оценка стоимости необходимого оборудования для использования методов неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых образцов, что составляет примерно 1 253 250 руб. без проведения монтажно-строительных работ.
- Составлено технико-экономическое обоснование инновационного проекта, на основе которого была составлена ценовая смета.
- Благодаря многочисленным экспертным семинарам на НПК «Микроэлектроника» и в школе ТПУ «Ядерных технологий», было налажено взаимодействие высокотехнологичного предприятия АО «НПФ «Микран» с высшим учебно-образовательным учреждением.
- Разработан начальный эскиз лабораторного помещения, на основе которого можно определить, что для проведения методов ядерного анализа достаточно комнаты 25 м^2 , где будет находиться необходимое оборудование с учетом радиационной безопасности.

- Проведены маркетинговые исследования с применением электронной почты. На данный момент ответ от других предприятий СФО ожидается. Составленное письмо можно увидеть в приложении А.

Список используемых источников

1. Ануфриев, Л.П. Технология интегральной электроники: учеб. пособие для студентов по дисциплине «Конструирование и технология изделий интегральной электроники» для студентов специальностей “Проектирование и производство РЭС”, ”Электронно-оптические системы и технологии” / Л.П. Ануфриев, С.В. Бордусов, Л.И. Гурский [и др.]. – М.: Интегралполиграф, 2009. –379 с.
2. Чиняков, А.А., Исследование тонких пленок со сложным элементным составом методами ядерного анализа: маг. дис.: 11.04.04/ Чиняков Алексей Александрович –Томск, 2019. – 85 с.
3. Чиняков А.А., Сохорева В.В. Определение глубинного профиля концентрации водорода и дейтерия с помощью методики ядер отдачи // Электронные средства и системы управления: тезисы докл. Междун. конф. (Томск, 28-30 нояб. 2018 г.). – Томск, 2018. – С.40–43.
4. Чиняков, А.А., Сохорева, В.В. Исследование толщины и элементного состава пленок с помощью методики резерфордовского обратного рассеяния// Электронные средства и системы управления: тезисы докл. Междун. конф. (Томск, 28-30 нояб. 2018 г.). – Томск, 2018. – С.44–46.
5. Сафаров, Р.Х. Физика атомного ядра и элементарных частиц: Учебное пособие для студентов педагогических вузов. / Р. Х. Сафаров. –М.: РИЦ «Школа», 2008. –280 с.
6. Микран. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.micran.ru/> (дата обращения: 28.05.2020)
7. Молчанов, А.С., Чиняков, А.А. Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности твёрдого тела с использованием ядер отдачи // Научная сессия ТУСУР-2019: тезисы докл. Междун. конф. (Томск, 22-24 мая 2019 г.). – Томск, 2019. – С.201-203.
8. Молчанов, А.С. Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности естественных алмазов с использованием

- резерфордовского обратного рассеяния // Инноватика-2019: тезисы докл. Междун. конф. (Томск, 25-27 апр. 2019 г.). – Томск, 2019. – С.171-173.
9. Молчанов, А.С. Коммерциализация методики определения элементного состава примесей на поверхности твёрдого тела с использованием ядерных реакций / А. С. Молчанов // Вектор экономики. –2019. –№6. –5 с.
10. Вакуумная камера. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://home.mpcdf.mpg.de/~mam/> (дата обращения: 01.06.2020)
11. Персональный компьютер. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dns-shop.ru/product/de0cf013579c3330/pk-lenovo-v530s-07icr-11bm001wgu/> (дата обращения: 01.06.2020)
12. Аналого-цифровые преобразователи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.electronshik.ru/catalog/anologo-tsifrovye-preobrazovateli?sort=ItemsParamsX.price_d4&direction=desc (дата обращения: 01.06.2020)
13. Гелий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geliy24.ru/shop/geliy/10-litrov> (дата обращения: 01.06.2020)
14. Simnra. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://home.mpcdf.mpg.de/~mam/> (дата обращения: 05.06.2020)
15. Высоковольтное испытательное оборудование и измерения - описание конструкций электростатических генераторов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/vysokovoltное-ispytatelnoe-oborudovanie-i-bizmereniya-16.html> (дата обращения: 02.06.2020)
16. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Метод резерфордовского обратного рассеяния при анализе состава твердых тел: Учебно-методическое пособие. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. –Мн.:БГУИР, 2003. — 52 с.
17. Рывкин, С.М. Полупроводниковые приборы и их применение / С.М. Рывкин, О.А. Матвеев, С.Р. Новиков. Н.Б. Строкан. –М.: Советское радио, 1971. – 267 с.

18. AutoCAD. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/products/autocad/overview?plc=ACDIST&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1> (дата обращения: 07.06.2020)
19. Дробот, П.Н., Молчанов, А.С. Инструментарий и особенности маркетинга инноваций / П.Н. Дробот, А.С. Молчанов. // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Современные технологии, экономика и образование». – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – С. 79-82.
20. НИИПП. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.niipp.ru/> (дата обращения: 10.06.2020)
21. ЗАО Протон-импульс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://proton-impuls.ru/> (дата обращения: 10.06.2020)
22. АО НПП «Пульсар». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pulsarnpp.ru/> (дата обращения: 10.06.2020)
23. Медунецкий, В.М. Содержание и структура патентных исследований: Учебное пособие / В.М. Медунецкий. –Л.: Университет ИТМО, 2015. –46 с.
24. Электронная спектроскопия / К. Зигбан, К. Нордлинг, А. Фальман [и др.]. – М.: Мир, 1971. –493 с.
25. Вовна, В.И. Фотоэлектронная спектроскопия молекул / В.И. Вовна // Соревновательный образовательный журнал. –1999. –№1. – С. 86-91.
26. Кузнецов, Р.А. Активационный анализ / Р.А. Кузнецов. –М.: Атомиздат, 1974. –343 с.
27. Четырехзондовый метод измерения электрического сопротивления полупроводниковых материалов: Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. / Н.А. Поклонский, С.С. Белявский, С.А. Вырко, Т.М. Лапчук. –Мн.: БГУ, 1998. — 48 с.
28. Van der Pauw, L.J. (1958). A method of measuring the resistivity and Hall coefficient on lamellae of arbitrary shape., Philips Technical Review, Vol. 20, pp 220—224.

29. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия: Учебно-методическое пособие / А.В. Пирогов, Н. В. Малехонова, А.И. Бобров [и др.]. –Н.: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 73 с.
30. Методы оптической спектроскопии: Методическое пособие / О.А. Федорова, И.И. Кулакова, Ю.А. Сотникова [и др.]. –М.: МГУ, 2015. – 117 с.

Приложение А (обязательное)

Составленное письмо для проведения маркетинговых исследований



Александр Молчанов 16 июня, 18:13

Кому: info@sibelcom54.com



Здравствуйте! Меня зовут Молчанов Александр Сергеевич, магистрант Томского Государственного Университета Систем Управления и Радиоэлектроники, факультета инновационных технологий. Я занимаюсь проектом по внедрению технологии неразрушающего контроля поверхности полупроводниковых пластин с помощью методов ядерного анализа.

К методам ядерного анализа относят метод Резерфордского Обратного Рассеяния (РОР), метод Ядер отдачи (ЯО) и метод ядерных реакций (ЯР). С помощью них производится неразрушающий контроль поверхности исследуемых образцов, которыми могут быть не только полупроводниковые материалы, но также и различные металлические изделия или естественные алмазы.

Перед любыми технологическими операциями, применяемыми в производстве, всегда используется контроль поверхности материалов той или иной технической продукции. Неразрушающий контроль поверхности, с помощью методов ядерного анализа, может иметь широкое применение на Вашем предприятии с целью улучшения качества конечной продукции, выпускаемой на Ваших производственных площадках. С помощью описываемых методов можно изучить не только элементный состав, скопившийся на поверхности исследуемых образцов из окружающей среды, а также изучить внутреннюю структуру образцов и всё это **без каких-либо разрушений** способных в дальнейшем повлиять на повышение уровня бракованной готовой продукции.

На данный момент проект плавно перерастает с этапа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) на этап маркетинга, и с целью прохождения данного этапа я занимаюсь маркетинговыми исследованиями для выявления основных конкурентных преимуществ перед существующими методами контроля поверхности образцов имеющихся на площадках Вашего предприятия и для поиска возможности использования данной технологии на Вашем предприятии. Мне очень важно Ваше мнение по поводу описываемой мной технологии в данном письме. Для более подробного формирования Вашего мнения о данной технологии, я готов предоставить в дальнейшем материалы, более обширно описывающие данный метод неразрушающего контроля поверхности образцов используемых в производстве технической продукции, а также результаты эксперимента, полученные на аналогичном оборудовании в городе Томск.

--

С уважением

Александр Молчанов