

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

Технология приборов оптической электроники и фотоники

## **ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Методические указания к лабораторной работе  
для студентов направления 200700.62 – Фотоника и  
оптоинформатика

**УДК 621.7-51(076.5)**

**Орликов, Леонид Николаевич.**

Подготовка к проведению технологического процесса = Технология приборов оптической электроники и фотоники: методические указания к лабораторной работе для студентов направления 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика / Л. Н. Орликов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2013. - 12 с.

В данной пособие рассмотрены инструкции и рекомендации по работе с наиболее употребляемыми приборами, применяемыми для подготовки и проведения технологических операций формирования элементов фотоники и оптоинформатики. В работе рассмотрены: порядок измерения форвакуума и высокого вакуума, методика оценки адгезии пленки, методика измерения расхода рабочего газа, методика измерения толщины пленки и коэффициента преломления.

В ходе выполнения работы у студентов формируются:

- способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования (ПК-14);
- способность разрабатывать элементы и устройства фотоники и оптоинформатики на основе существующей элементной базы (ПК-20);
- способность выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства (ПК-21);
- способность конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические и оптоинформационные системы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования; проводить расчеты (ПК-25).

Предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Фотоника и оптоинформатика» по курсу «Технология приборов оптической электроники и фотоники».

© Орликов Леонид Николаевич, 2013

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ  
Зав.кафедрой ЭП  
\_\_\_\_\_ С.М. Шандаров  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

Технология приборов оптической электроники и фотоники

ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Методические указания к лабораторной работе  
для студентов направления 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика

Разработчик

д-р техн. наук, проф.каф.ЭП  
\_\_\_\_\_ Л.Н.Орликов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г

## Содержание

1 Введение .....	5
2 Порядок выполнения работы и методические указания .....	6
2.1 Методика измерения вакуума.....	6
2.1.1 Измерение форвакуума ( $P < 10^{-3}$ мм рт ст) .....	6
2.1.2 Измерение высокого вакуума (термопарный прибор должен «зашкаливать»).....	7
2.2 Методика измерения адгезии пленки.....	7
2.3 Методика измерения расхода газа.....	7
2.4 Методика измерения толщины пленки на эллипсометре .....	8
2.4.1 Измерение металлической пленки по пропусканию лазерного излучения.....	8
2.4.2 Измерение толщины прозрачной пленки и показателя ее преломления .....	8
3 Задание.....	9
3.1 Задание по измерению вакуума.....	9
3.2 Задание по измерению адгезии пленки .....	10
3.3 Задание по измерению расхода газа.....	10
3.4 Задание по измерению толщины пленки на эллипсометре.....	10
4 Содержание отчета.....	11
Рекомендуемая литература.....	11

## 1 Введение

В пособие рассмотрены инструкции и рекомендации по работе с наиболее употребляемыми приборами, применяемыми для подготовки и проведения технологических операций формирования элементов фотоники и оптоинформатики. В работе рассмотрены: порядок измерения форвакуума и высокого вакуума, методика оценки адгезии пленки, методика измерения расхода рабочего газа, методика измерения толщины пленки и коэффициента преломления

Лабораторная работа направлена на формирование следующих компетенций:

- способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования (ПК-14);
- способность разрабатывать элементы и устройства фотоники и оптоинформатики на основе существующей элементной базы (ПК-20);
- способностью выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства (ПК-21);
- способность конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические и оптоинформационные системы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования; проводить расчеты (ПК-25).

В результате изучения дисциплины студент должен

**- *знать:***

- физические принципы работы приборов электроники и наноэлектроники;
- основные приемы построения последовательностей технологических операций изготовления приборов электроники и наноэлектроники;

**- *уметь:***

- 1) ориентироваться в многообразии современных приборов электроники и наноэлектроники;
- 2) разрабатывать принципиальные схемы реализации технологий по изготовлению приборов электроники;
- 3) определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные технологические режимы формирования фрагментов электронных приборов;
- 4) использовать для выполнения отдельных операций стандартные программные продукты.

## 2 Порядок выполнения работы и методические указания

Перед выполнением работы следует дать «прогреться» аппаратуре и приборам для уменьшения дрейфа усилителей и установления стационарных процессов. При измерении форвакуума время между измерениями не должно быть короче 90 секунд, а при измерении высокого вакуума межоперационное время составляет 5-15 минут.

### 2.1 Методика измерения вакуума

На рис 2.1 представлен условный вид ионизационно-термопарного вакуумметра.

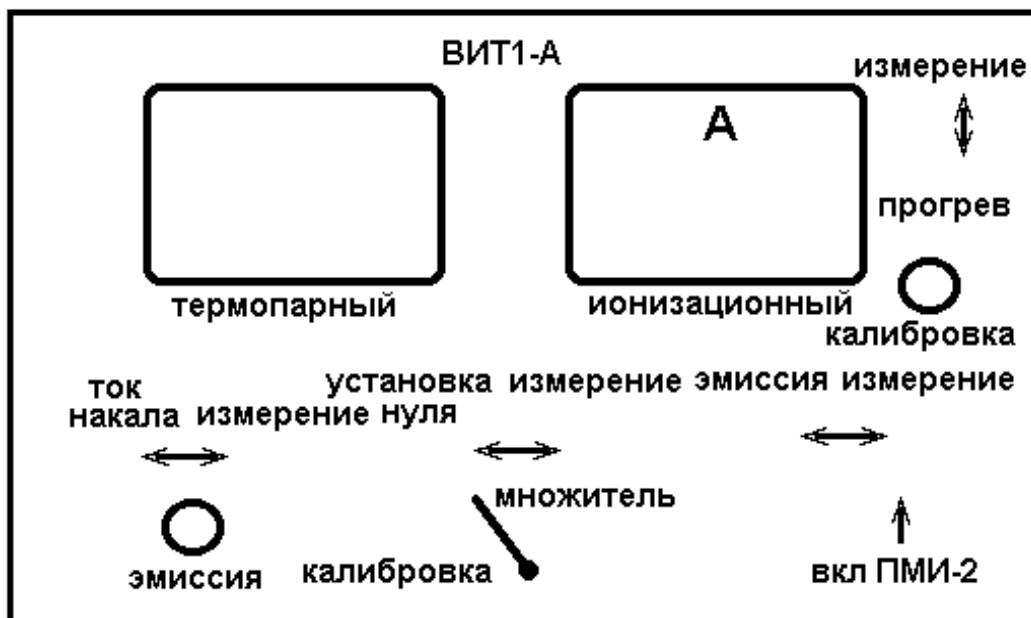


Рисунок 2.1 – Вид ионизационно-термопарного вакуумметра

Перед включением вакуумметра все ручки и тумблеры перевести влево-вниз.

#### 2.1.1 Измерение форвакуума ( $P < 10^{-3}$ мм рт ст)

1. Перевести тумблер под термопарным прибором в положение ТОК НАКАЛА
2. Установить ток накала 120 мА.
3. Перевести тумблер под термопарным прибором в положение ИЗМЕРЕНИЕ

### 2.1.2 Измерение высокого вакуума (термопарный прибор должен «зашкаливать»)

1. Включить тумблер ПМИ2
2. Перевести все тумблеры в положение ИЗМЕРЕНИЕ
3. Множителем шкалы установить отсчет
4. Установка нуля, эмиссии и калибровки проверяется переключением соответствующего тумблера (остальные тумблеры остаются в положении ИЗМЕРЕНИЕ)

### 2.2 Методика измерения адгезии пленки

Качественно адгезия оценивается стиранием пленки с помощью ногтя или резинки. Количественное измерение адгезии проводится путем наклейки на пленку шпильки диаметром 8 мм с помощью так называемого в продаже «суперклея». По истечении некоторого времени шпильку отрывают от пленки через динамометр.

### 2.3 Методика измерения расхода газа

Расход газа в широком диапазоне давлений измеряют по количеству воздуха, поглощенного вакуумной системой в единицу времени. Для удобства отсчета воздух откачивают из трубки с делениями, которая соединена с шариком, содержащим вакуумное масло. На рис. 10.2 представлена схема расходомера.



Рисунок 2.2 – Схема расходомера

При измерении расхода засекают время, за которое поднимается  $1 \text{ см}^3$ . Далее поток пересчитывают по соотношению:

$$1 \text{ см}^3 \text{ атм/с} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ торл/с.}$$

## 2.4 Методика измерения толщины пленки на эллипсометре

### 2.4.1 Измерение металлической пленки по пропусканию лазерного излучения

На рис.2.3 представлена схема эллипсометра ЛЭМ-2 для измерения толщины пленки по просвету лазерного излучения.

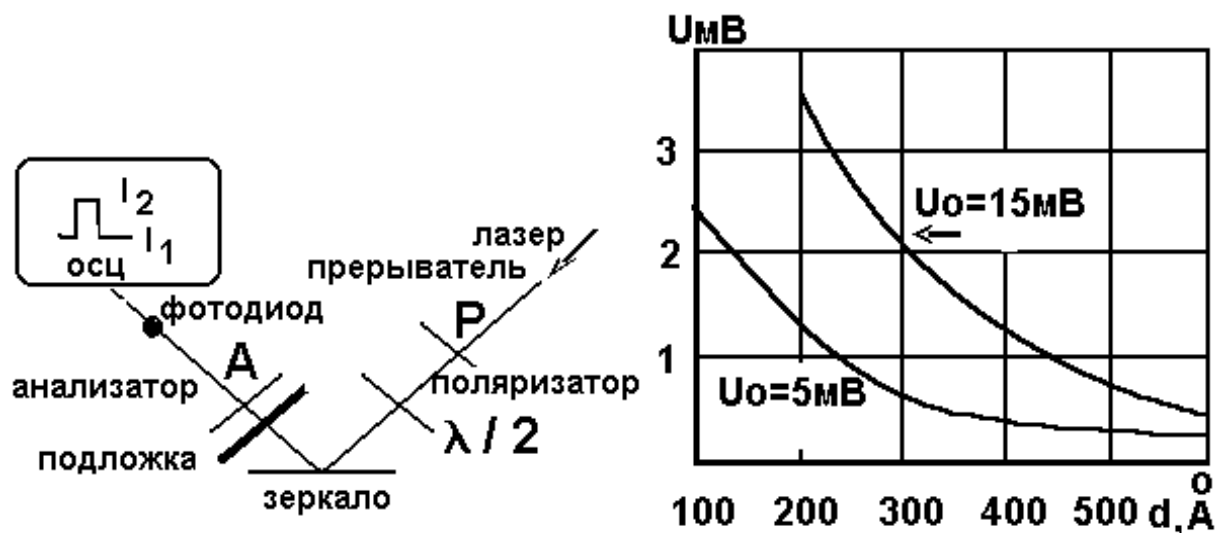


Рисунок 2.3 – Схема эллипсометра и его градуировочные кривые для измерения толщины пленки на просвет

Первоначально без подложки устанавливается уровень опорного сигнала  $U_0$  с фотодиода. Затем в луч лазера, отраженный от зеркала, вставляется подложка. По изменению сигнала оценивается толщина пленки. В ряде случаев толщина пленки может быть определена сравнением по эталону.

### 2.4.2 Измерение толщины прозрачной пленки и показателя ее преломления

1. Подложка ложится на зеркало и на фотодиоде получается максимальный сигнал при нулевых углах лимба на поляризаторе и анализаторе.
2. Находится значение угла  $P_1$ , при котором в пределах  $P=45-135^0$  сигнал минимален.
3. Находится значение угла  $A_1$ , при котором в пределах  $A=0-90^0$  сигнал минимален.
4. В пределах  $P=135-225^0$  находится  $P_2$  для минимального сигнала.
5. В пределах  $A=90-180^0$  находится  $A_2$  для минимального сигнала



6. Рассчитывается разность хода электрической и магнитной составляющих световой волны  $\Delta$  и их разность фаз  $\psi$ .

$$\Delta = P_1 + P_2$$

$$\psi = \frac{1}{2}[A_1 + (180 - A_2)]$$

7. По круговой диаграмме (типа «жук») определить показатель преломления и толщину пленки. На рис.2.4 представлена круговая диаграмма типа «жук».

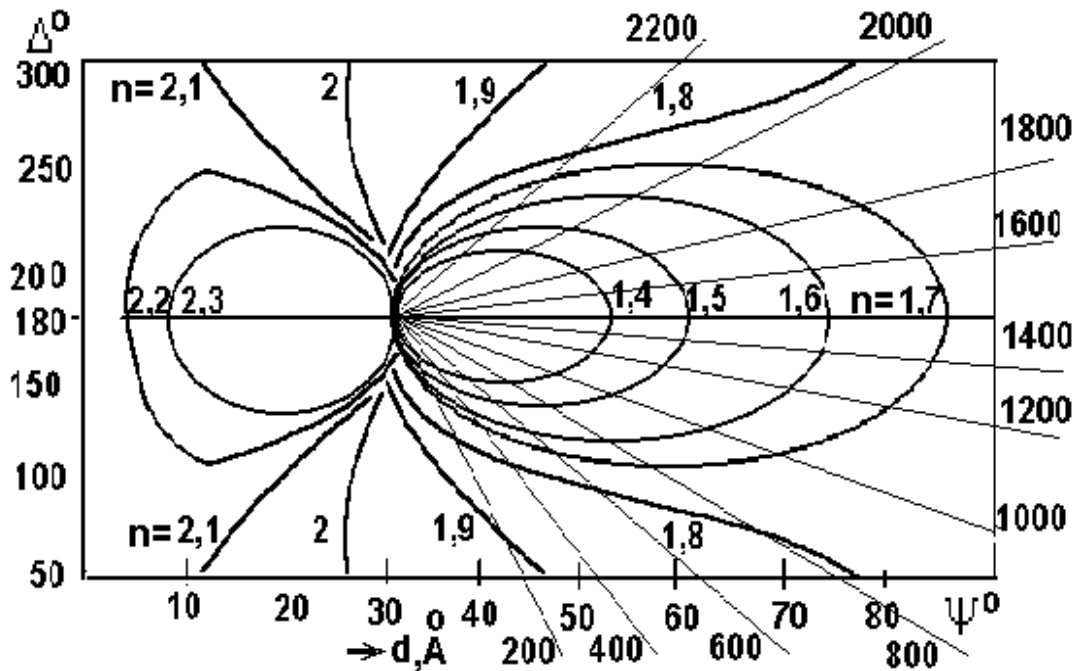


Рисунок 2.4 – Круговая диаграмма эллипсометра типа «жук»

В поле диаграммы цифрами обозначены показатели преломления. Толщины пленок в ангстремах находятся на лучах диаграммы.

8. Более точно толщина пленки определяется из прилагаемых к описанию прибора диаграмм зависимости толщины пленки  $\delta = f(\psi)$ ,  $\delta = f(\Delta)$ .

*Примечание.* Для стекла угол раствора эллипсометра (угол Брюстера равен  $56^\circ$ ). Углы «Р и А» могут находиться за пределами октантов.

### 3 Задание

#### 3.1 Задание по измерению вакуума

3.1.1. Провести измерение вакуума в нескольких отпаянных термопарных датчиках давления ПМТ-2. Провести их градуировку и определить рабочий ток накала. Определить заводской разброс параметров.

3.1.2. Провести измерение высокого вакуума в нескольких отпаянных лампах ПМИ-2. Провести калибровку датчиков, установить эмиссию, провести установку «нуля».

3.1.3. Определить поток газопоглощения в датчиках по изменению давления в датчиках в течение времени.

### **Методические указания по измерению расхода газа**

Важно правильно подключить расходомер. Он должен иметь забор воздуха из атмосферы, а не из элементов вакуумной системы. На стойке управления расход газа приведен в относительных единицах. Для получения абсолютных значений необходимо определить истинную скорость откачки насоса (по кривой производительности) и умножить ее на давление в системе. Расход измеряется в технической системе единиц. Его следует перевести в систему «СИ».

### **3.2 Задание по измерению адгезии пленки**

1. Взять образец с нанесенной пленкой. Испытанием «на истирание» или «царапанием» определить адгезию пленки и возможный метод ее формирования.
2. Провести анализ пленки на микроскопе МИМ-7, визуально дать заключение о локальной адгезии пленки.

### **3.3 Задание по измерению расхода газа**

1. Измерить расход потребляемого газа при давлениях в камере 100, 1, 0,1 мм рт ст
2. Провести повторное измерение расхода при тех же давлениях
3. Определить погрешность измерений

### **Методические указания по измерению толщины пленки**

Толщина пленки является локальной величиной. Следует обратить внимание на «технологическую» и «истинную» толщину пленок.

### **3.4 Задание по измерению толщины пленки на эллипсометре**

1. Снять локальное распределение толщины пленки.
2. Построить зависимости локальной толщины пленки в трех различных направлениях.

#### **4 Содержание отчета**

1 Отчет должен содержать все экспериментальные данные в соответствии с заданием, представленные в табличной и графической форме.

2 Диаграмма распределения локальной толщины пленки

3 Сравнение газовыделения в датчиках давления, выделяющихся в процессе эксплуатации прибора (ПК 14).

4 Рекомендации: для производства каких приборов оптической электроники приемлемы данные по погрешностям при измерении давлений (ПК 20).

5 Презентацию по измерению зависимости давления во времени, зависимости параметров расхода газа от измерения к измерению. Привести данные по измерению толщины пленки для нескольких направлений (ПК21).

6 Привести эскизы и спецификацию фрагментов сертифицированных вакуумных элементов и оборудования, рекомендуемых для реализации процесса подготовки изделий и оборудования к технологическим операциям (ПК25).

#### **Рекомендуемая литература**

1. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : Учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин. - М. : Физматлит, 2006. – 423 с

2. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2005. - 316 с ISBN 5-86889-244-5

3. Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учебное пособие для вузов / А. Д. Сушков. - СПб. : Лань, 2004. - 462[2] с

4. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. - 488 с

Учебное пособие

Орликов Л.Н.

Подготовка к проведению технологического процесса

Методические указания к лабораторной работе  
по дисциплине «Технология приборов оптической электроники и  
фотоники»

Усл. печ. л. . Препринт  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40