

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Московский физико-технический институт  
(государственный университет)  
Кафедра вакуумной электроники

# Растровый электронный микроскоп

Лабораторная работа по курсу  
вакуумная электроника

Выполнил: студент 654гр.  
Нехаев А.С.

г. Долгопрудный  
2018 год

# **Содержание**

<b>1. Введение</b>	<b>2</b>
<b>2. Цели и задачи исследования</b>	<b>2</b>
<b>3. Основная часть</b>	<b>3</b>
3.1. Примеры полученных изображений . . . . .	3
<b>4. Вывод</b>	<b>6</b>

# **1. Введение**

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) является одним из основных средств проведения измерений в нанометровой области. Данная лабораторная работа направлена на ознакомление физическими принципами функционирования РЭМ и основными методиками измерения.

# **2. Цели и задачи исследования**

- 1) Получить изображение образца в различных режимах работы микроскопа:
  - а) в режиме сбора истинно вторичных электронов (SE);
  - б) в режиме сбора упруго отраженных электронов (BSE);
- 2) Получить изображение образца в высоком и низком вакууме;
- 3) Изучить физические принципы формирования изображений в растровом электронном микроскопе;
- 4) Применить рентгеновский микроанализ для определения элементного состава образца;

### 3. Основная часть

Микроскоп, изучаемый в ходе данной работы, позволяет вести наблюдения образца в трех основных режимах: во вторичных электронах, в отраженных электронах, в рентгеновских лучах (микроанализатор). Для первых двух режимов оптимальный ток с точки зрения точности результатов составляет 1-1000 пА, при рентгеновском микроанализе оптимальным считается ток зонда порядка 100 нА. Поэтому ток зонда микроскопа варьируется в широких пределах.

Образец крепится в специальном держателе, позволяющем максимально удобно оперировать с образцами в процессе работы. Образец окружен детектирующей аппаратурой - детектором отражённых электронов, детектором вторичных электронов.

Помимо колонны, в виде отдельных блоков смонтирована остальная аппаратура - это вакуумная система, счетный блок рентгеновского спектрометра и компьютер, позволяющий считывать результаты наблюдений и управлять системой в целом.

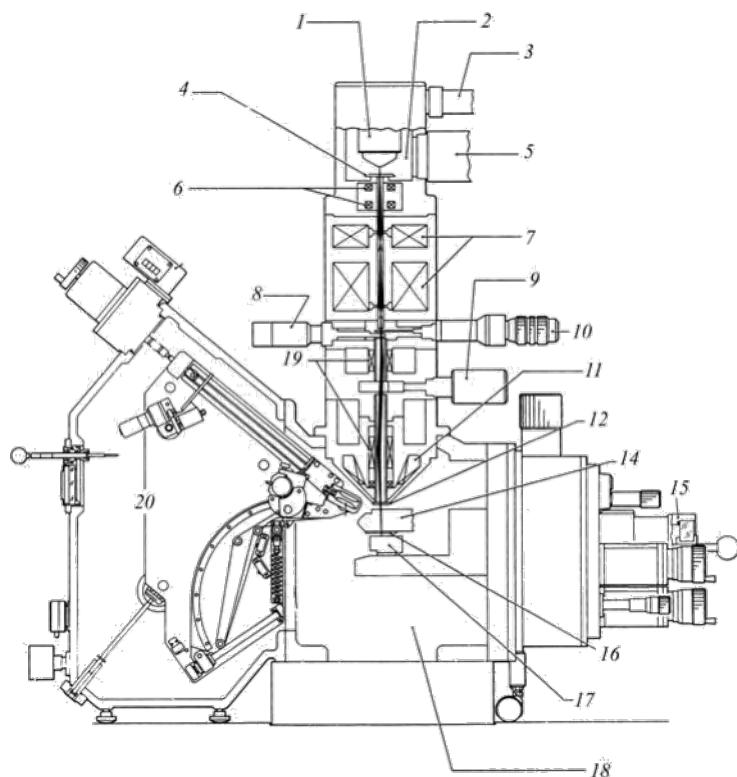


Рис. 1: Общая схема электронно-растрового микроскопа

1 — электронная пушка; 2 — камера электронной пушки; 3 — высоковольтный кабель; 4 — анод; 5 — вакуумная магистраль; 6 — юстировочные катушки; 7 — конденсорные линзы; 8 — измеритель тока пучка; 9 — вакуумный клапан; 10 — устройство выбора диафрагм; 11 — объективная линза; 12,16 — детектор упруго отраженных электронов; 14 — оптический микроскоп; 15 — шлюз для замены образцов; 17 — держатель образцов; 18 — основная вакуумная камера; 19 — сканирующие катушки; 20 — рентгеновский спектрометр.

#### 3.1. Примеры полученных изображений

Сначала получим изображения микросхемы операционного усилителя в режиме сбора истинно вторичных электронов (рис. 2). Точно также сделаем снимки в топографическом контрасте (рис. 5) и в режиме z-контраста (рис. 6).

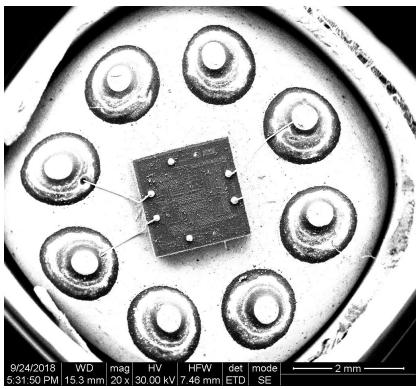


Рис. 2: Изображение микросхемы в режиме сбора истинно вторичных электронов

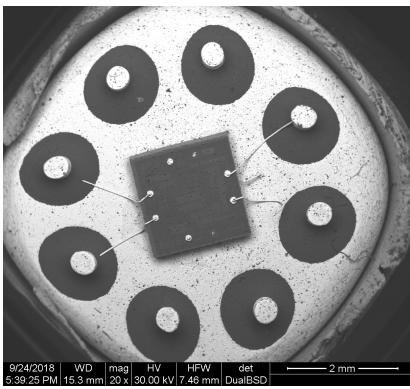


Рис. 3: Изображение микросхемы в режиме сбора истинно вторичных электронов

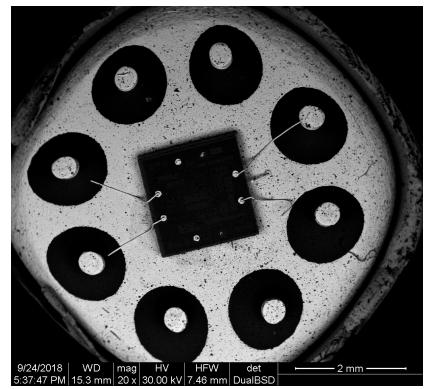


Рис. 4: Изображение микросхемы в режиме сбора истинно вторичных электронов

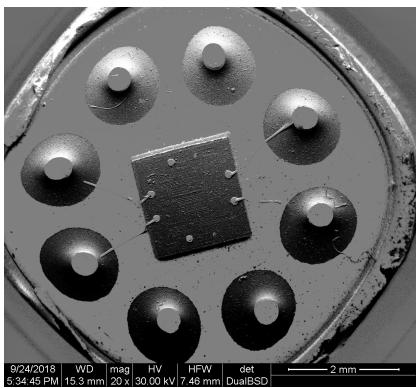


Рис. 5: Изображение микросхемы в режиме топографического контраста

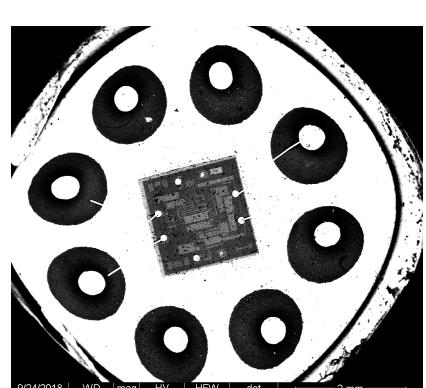


Рис. 6: Изображение микросхемы в режиме z-контраста

На рисунке 7 представлен медь-хром образец в режиме сканирования истинно-вторичных электронов. На рисунке 8 представлен тот же образец в режиме топографического контраста. Наиболее информативным является рис. 9, на нем видные распределения различных элементов в образце.

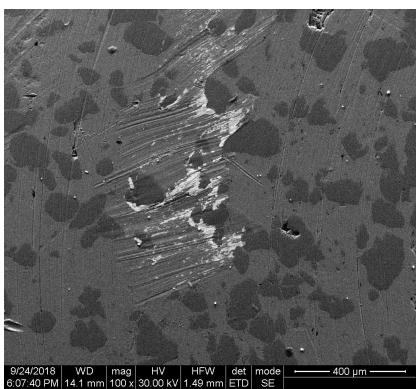


Рис. 7: Изображение меди-хром образца в режиме сбора истинно-вторичных электронов

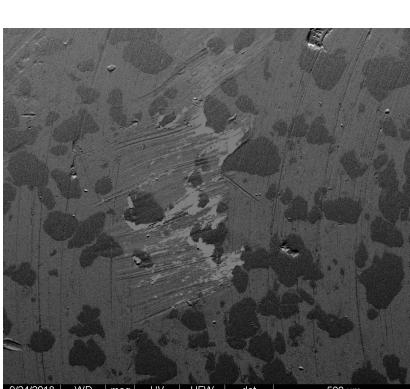


Рис. 8: Изображение меди-хром образца в топографическом режиме

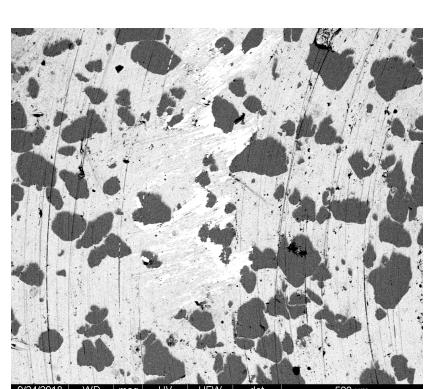


Рис. 9: Изображение меди-хром образца в режиме z-контраста

Далее получим изображение диэлектрика. В нашем случае это кусочек пенопласта.

В силу своих свойств он будет работать как зеркало и мы сможем увидеть содержимое камеры. Сперва зарядим поверхность диэлектрика мощным пучком электронов. Поскольку изображение снимается в вакууме, заряд с него уйти не может и поверхность начнет отражать падающий на неё пучок с меньшей энергией. На рисунке 10 представлено изображение камеры, полученное при съемке диэлектрика в режиме истинно-вторичных электронов. На рисунке 11 изображен снимок диэлектрика в топографическом режиме.

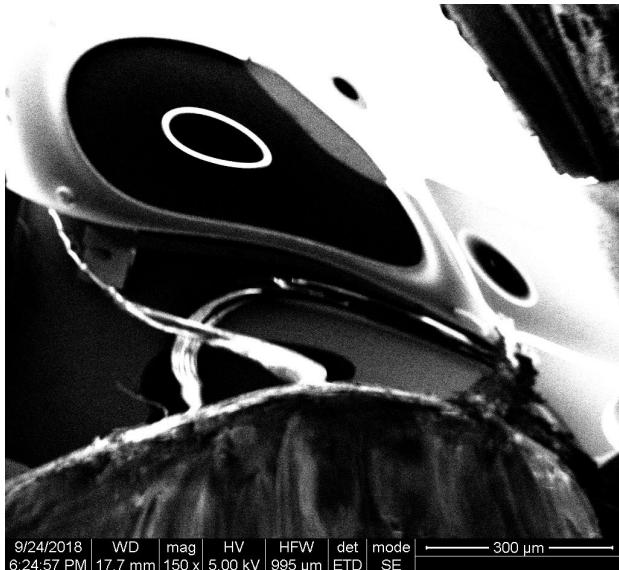


Рис. 10: Изображение диэлектрика в режиме сбора истинно-вторичных электронов

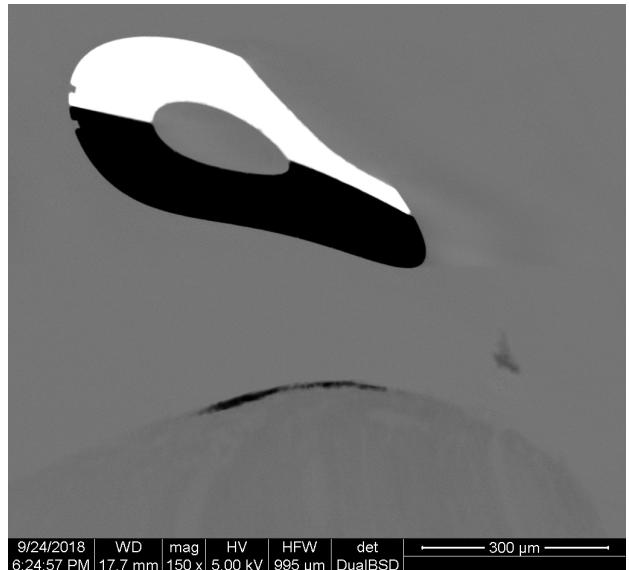


Рис. 11: Изображение диэлектрика в топографическом режиме

На нем хорошо виден парный детектор и две его половины. Обратим внимание, что разные его половины имеют разные цвета из-за того, что сканер находится в режиме съемки отраженных электронов.

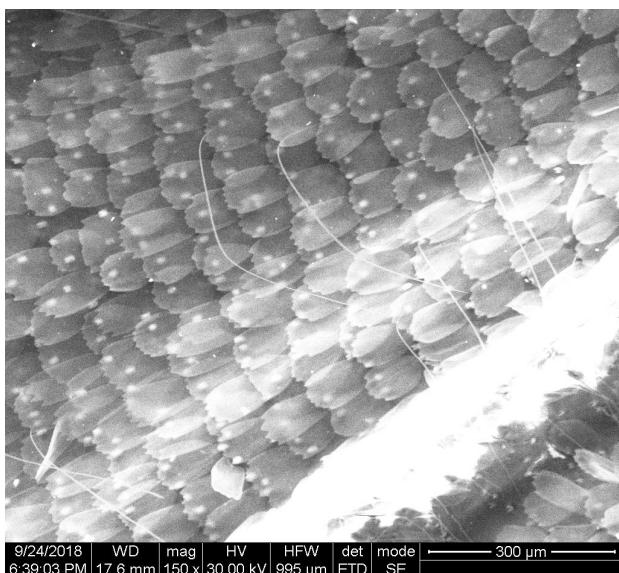


Рис. 12: Изображение крыла бабочки в режиме сбора истинно-вторичных электронов

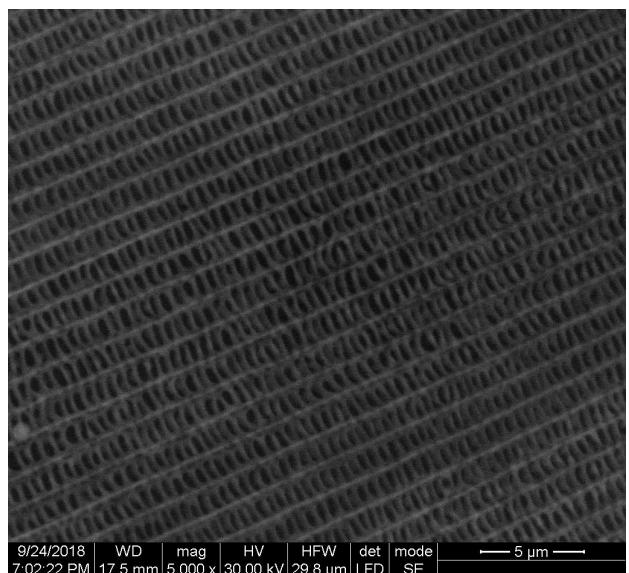


Рис. 13: Изображение крыла бабочки в режиме сбора истинно-вторичных электронов

Как видно из снимков крыла бабочки (органический образец), для того, чтобы получить снимок диэлектрика, достаточно понизить вакуум для того чтобы чтобы было достаточно число газа для удаления избыточного заряда.

## **4. Вывод**

Удалось в процессе работы познакомиться с различными режимами работы РЭМ и некоторыми его особенностями. В ходе работы были получены изображения как проводящих, так и органических образцов, а так же исследован сам зонд и поверхность камеры. Так же мы предприняли попытки объяснить некоторые искажения в работе прибора на основе физических принципов работы микроскопа.