



# Тема: Исследование оптических свойств халькогенидных стеклообразных полупроводников

Научный руководитель:  
с.н.с. Нежданов Алексей  
Владимирович

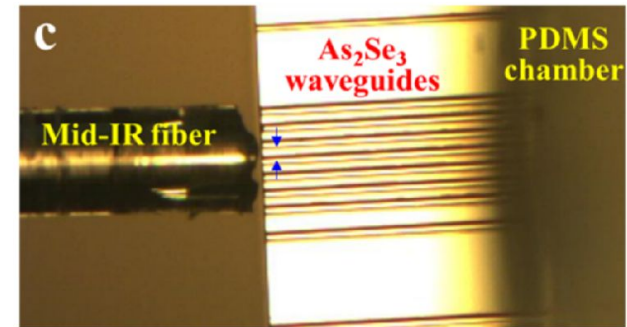
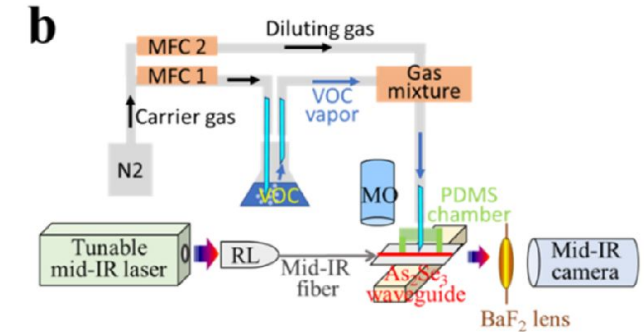
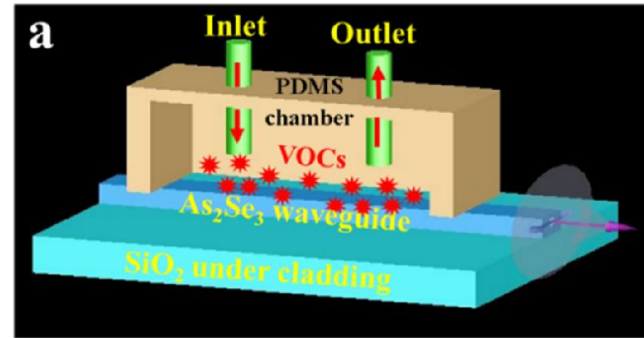
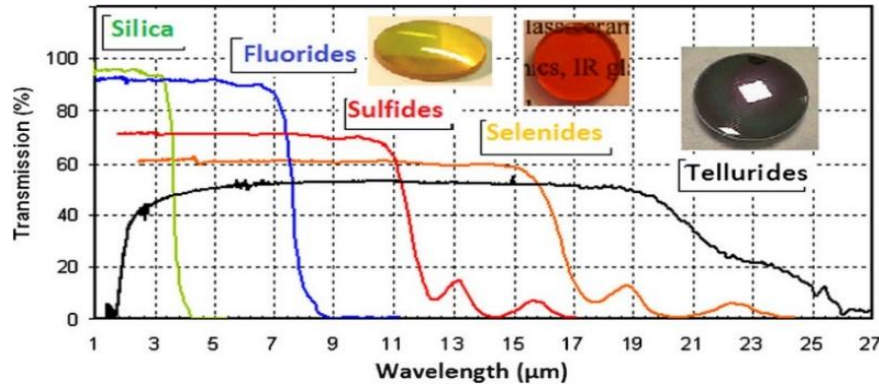
# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																							
	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A	VIII										B					
1	(H)																		H	He				
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne																
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni														
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd														
6	Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt														
7	Fr	Ra	Ac**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt															
ФОРМУЛЫ ВЫСШИХ ОКСИДОВ	R <sub>2</sub> O		RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>									
ФОРМУЛЫ ЛЕТАУЩИХ ОДНОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ					RH <sub>4</sub>		RH <sub>3</sub>		RH <sub>2</sub>		RH													
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu										
АКТИНОИДЫ**	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr										



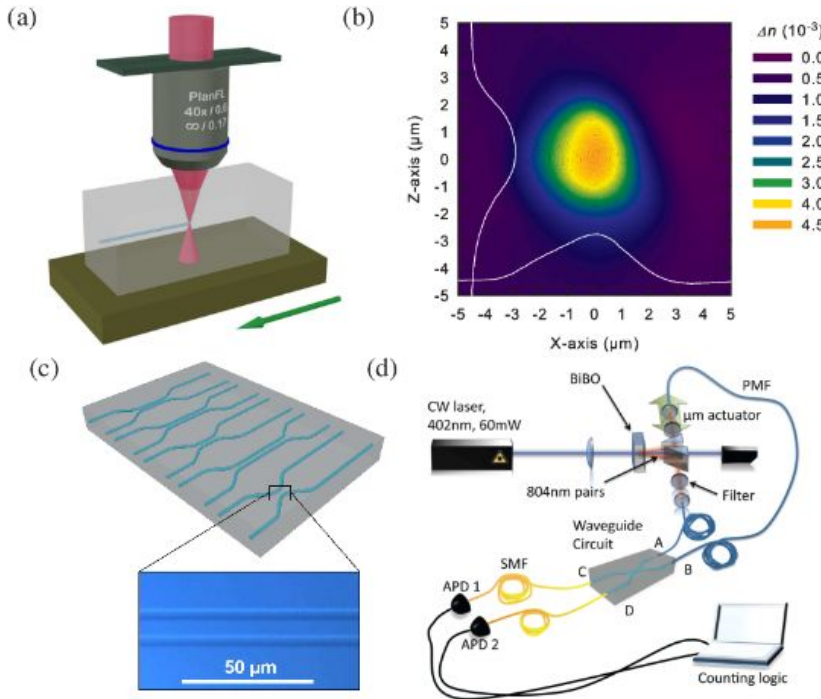




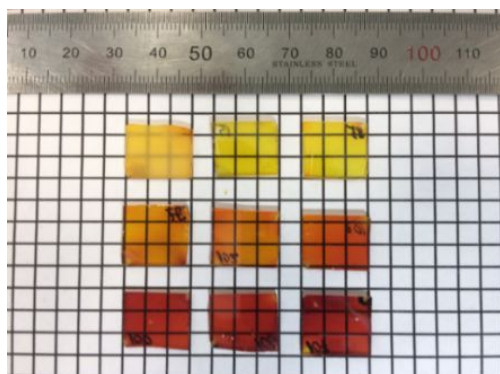
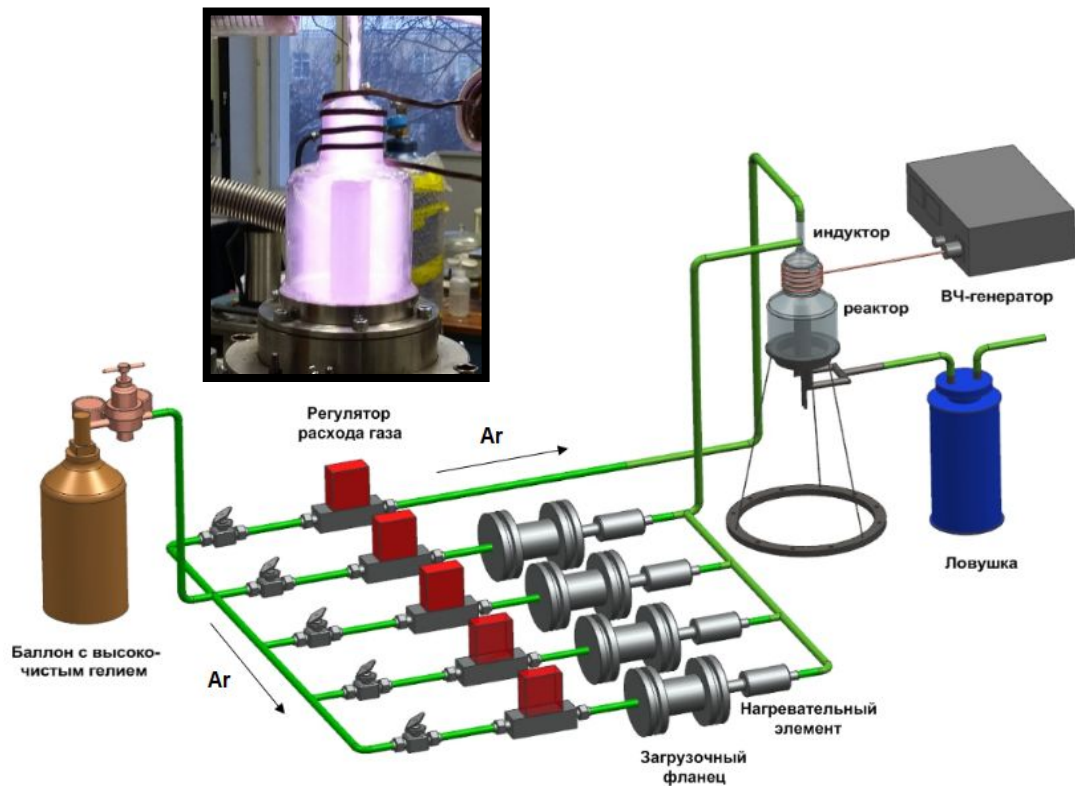


Mid-Infrared Chalcogenide Waveguides for Real-Time and Nondestructive Volatile Organic Compound Detection  
Analytical Chemistry ( IF 6.350 ) Pub Date : 2018-12-18

J. S. Sanghera, L. B. Shaw L.E.B. Development and Infrared Applications of Chalcogenide Glass Optical Fibers // Fiber and Integrated Optics. 2000. № 3 (19). C. 251–274.



Laser written waveguide photonic quantum circuits. Graham D. Marshall, Alberto Politi, +4 authors Jeremy L. O'Brien Published in Optics express 2009



As-S



As-Te

## Основные методы исследования:

1. Электронная микроскопия и EDX анализ состава (JSM IT-300LV (JEOL))
2. Атомно-силовая микроскопия (NTEGRA Spectra(NT-MDT))
3. Рентгеновская дифракция (Shimadzu XRD-7000)
4. Спектроскопия комбинационного рассеяния и фотолюминесценции (NTEGRA Spectra (NT-MDT))
5. **Спектрофотометрия (Cary 5000 (Varian))**
6. **ИК-Фурье спектрометрия (FTIR BX II (PerkinElmer))**

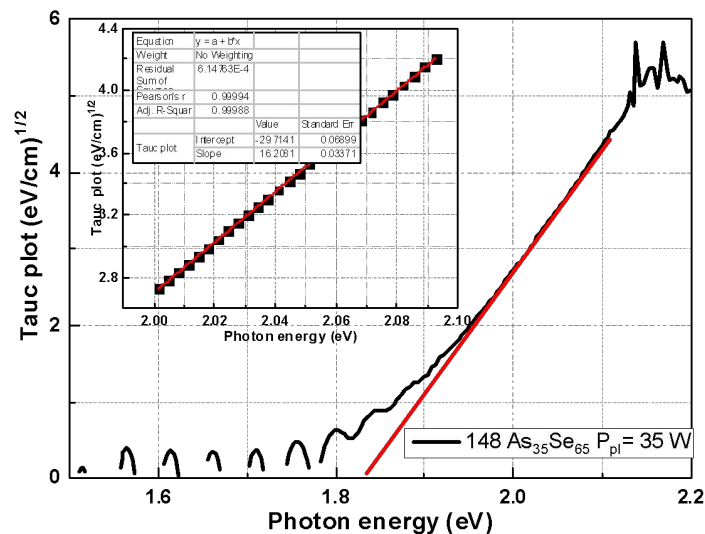




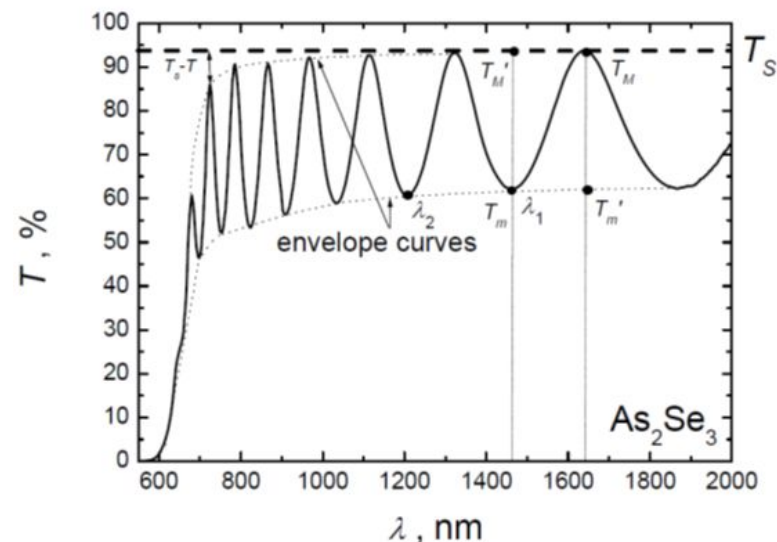
**Расчет оптических характеристик плёнок:** оптическая ширина запрещенной зоны ( $E_g^{opt}$ ) и показатель преломления ( $n$ ) проводился используя методики предложенные Тауцем и Swanepoel в работах [1] и [2] соответственно.

Расчёт спектральной зависимости коэффициента поглощения из спектров пропускания и отражения

$$\alpha = -\frac{1}{d} \ln \frac{T^2 - (1-R)^2 + \sqrt{4T^2 + ((1-R)^2 - T^2)^2}}{2T}$$



Расчёт показателя преломления



$$n = \sqrt{N_1 + \sqrt{N_1^2 - s^2}}, \quad \text{где}$$

$$N_1 = 2s \frac{T_M - T_{M'}}{T_M \cdot T_{M'}} + \frac{s^2 + 1}{2}, \quad \alpha$$

$$s = \frac{1}{T_s} + \sqrt{\frac{1}{T_s} - 1}.$$

[1] Tauc, J. Amorphous and Liquid Semiconductors: Plenum, London, 1974.

[2] Swanepoel R. // J. Phys. E: Sci. Instrum. 1983. Vol. 16. P. 1214–1222.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**





Изучение временных масштабов процессов записи-  
чтения информации в мемристивных ячейках

Исследование параметров эквивалентных схем  
измерения сопротивления мемристоров

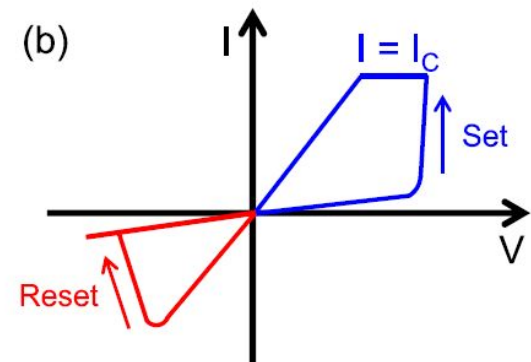
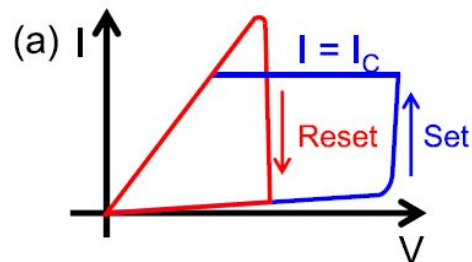
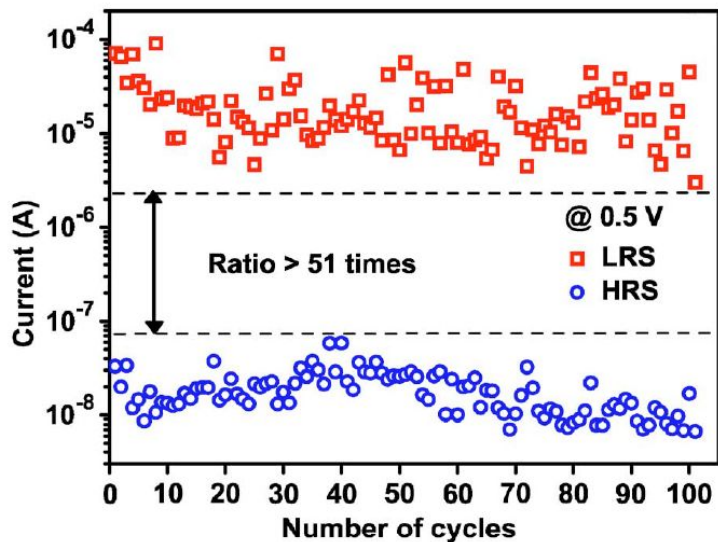
Шенина М.Е., К. ф.-м.н., н.с. НОЦ ФТНС ННГУ

Нижний Новгород, 2019

## Мемристор

элемент в микроэлектронике, способный изменять и запоминать свое сопротивление

двухполюсник с нелинейной вольтамперной характеристикой, обладающий гистерезисом.



Время переключения состояний  
сопротивления  $\sim 10$  нс

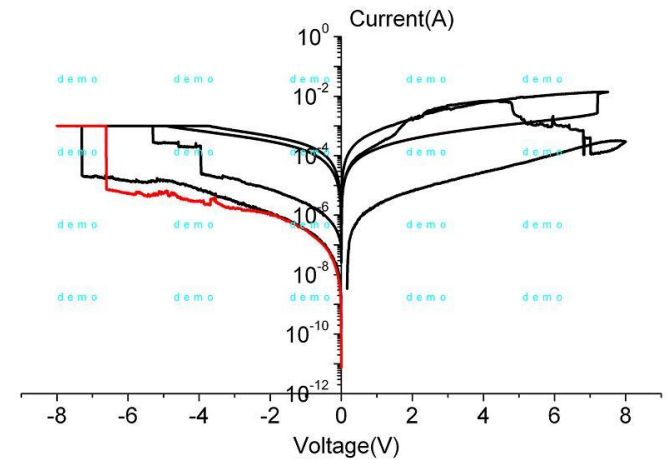
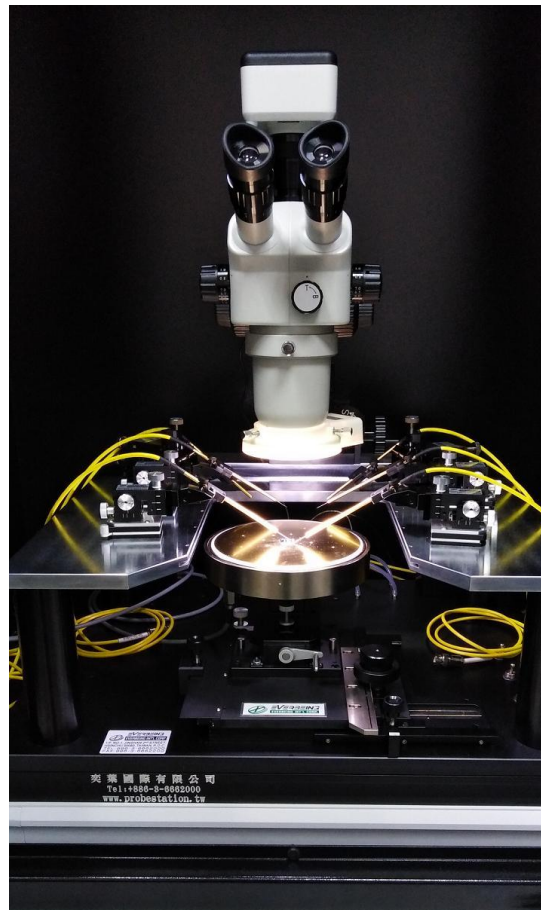
[1] Nonvolatile resistive switching memory utilizing gold nanocrystals embedded in zirconium oxide/Wei-hua Guan, Shih-bing Long, Rui Jia, and Ming Liu // APPLIED PHYSICS LETTERS 91, 062111 \_2007

[2] D. Ielmini. Resistive switching memories based on metal oxides: mechanisms, reliability and scaling. Semicond. Sci. Technol. 31, 2016, 063002

Мемристорные ячейки на основе оксидных диэлектриков и полупроводников с разным типом электродов

- Измерение вольтамперных характеристик, проведение резистивных переключений;
- Измерение токового отклика на импульсное воздействие;
- Анализ полученных экспериментальных данных:
  - определение напряжений и токов переключений,
  - определение параметров эквивалентной схемы измерения характеристик мемристора,
  - оценка времени отклика мемристора на переключающий и опрашивающий импульс.

## Анализатор параметров полупроводниковых приборов Agilent B1500 A с зондовой станцией +ПК

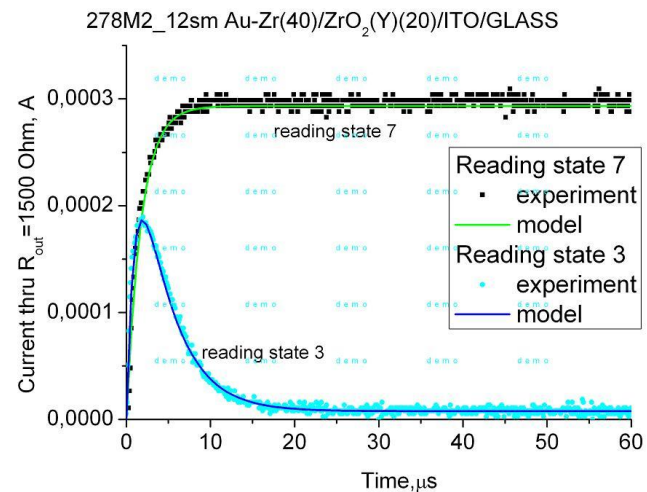
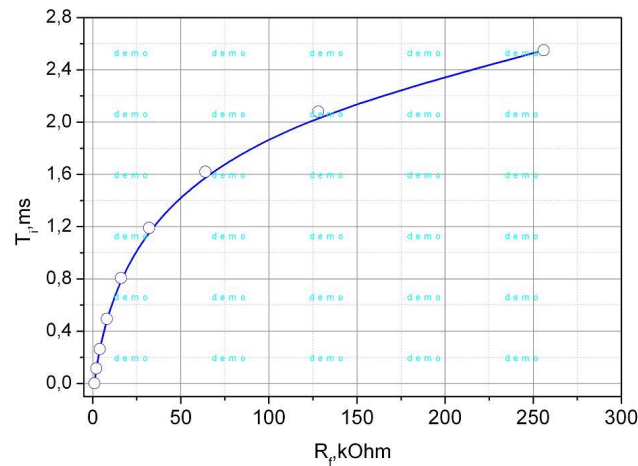
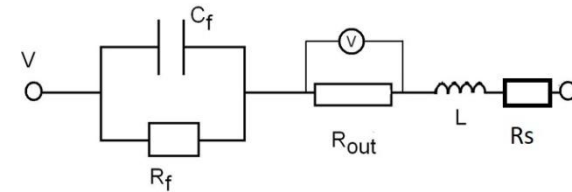
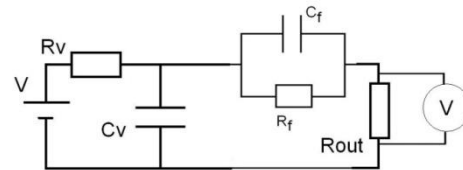
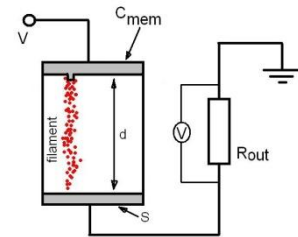




Генератор импульсов заданной частоты  
и амплитуды National Instruments usb 6211 +  
ПК + Осциллограф



Artisan Technology Group



- Знать и понимать основы школьного курса физики
- Уметь работать на ПК в графических редакторах и редакторах таблиц или математических вычислительных средах
- (Origin, Mathematica, Mathcad, Excel, MS Paint, Photoshop, и т.д.)
- Знать основы программирования
- Владеть английским языком в рамках школьного курса

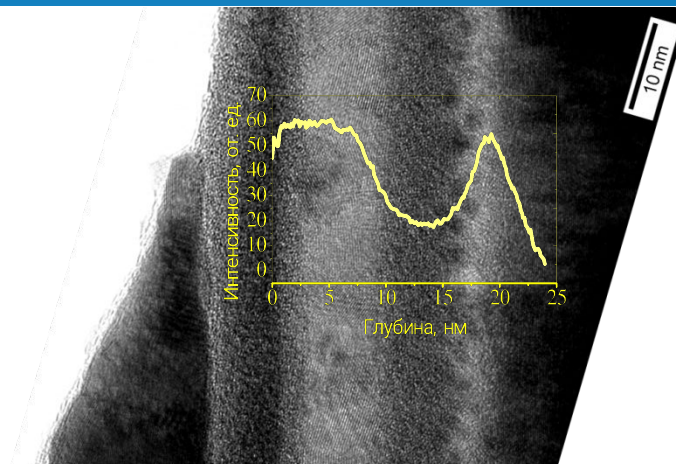
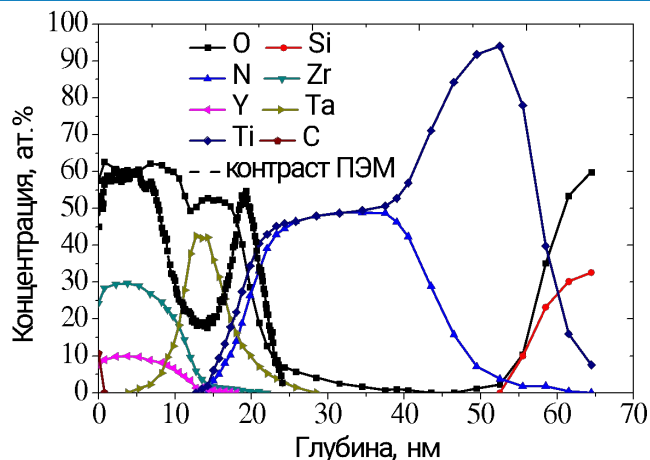


Рис. 1. а) профиль распределения химических элементов по глубине и  
б) ВР ПЭМ-изображение поперечного среза структуры  
 $ZrO_2(Y)/TaO_x/TiO_x/TiN/Ti/SiO_2/Si$ .

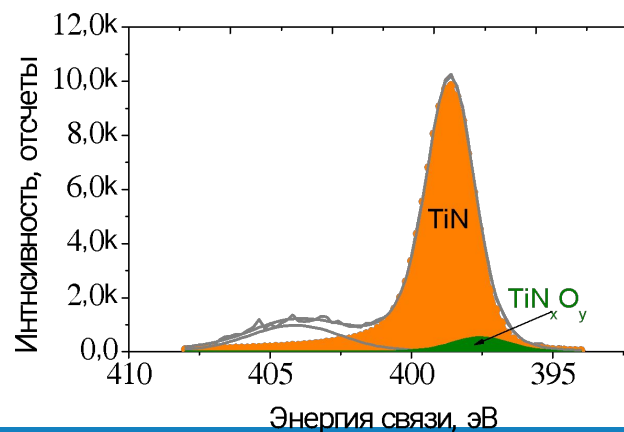
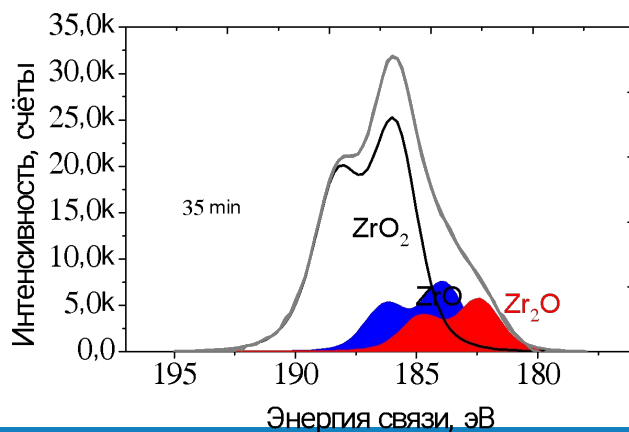


Рис. 2. Пример спектрального разложения ФЭ-линий а) Zr 3d (~5 нм) и б) N 1s (~19 нм).



# Предлагаемая тема

«Исследование мемристоров на основе  $\text{SiO}_2$  и программная обработка экспериментальных данных»

Научный руководитель: м.н.с. Окулич Евгения Викторовна



Мемристоры – это тонкоплёночные структуры на основе диэлектрика, которые могут запоминать своё состояние сопротивления («memory»-память) в зависимости от подаваемого напряжения.

Направления использования:  
-в устройствах памяти  
-в области искусственного интеллекта и нейросетей

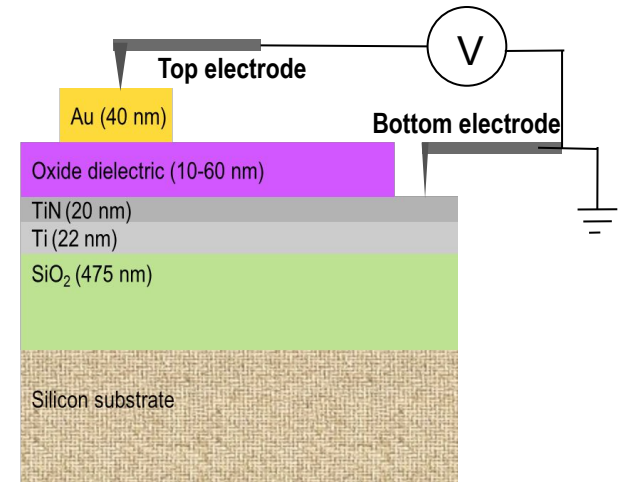
Мемристоры на основе диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) являются одними из наиболее изучаемых из-за доступности кремния и масштабности применения его в микроэлектронике.

Диоксид кремния может быть изготовлен различными способами: магнетронное распыление, электронно-лучевое осаждение, влажное окисление.

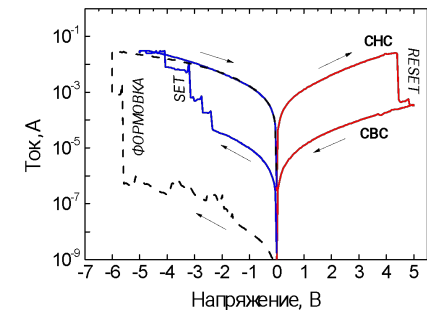
В зависимости от метода изготовления получаются структуры с отличающимися по качеству электрофизическими характеристиками.

До настоящего времени для мемристоров на основе диоксида кремния, несмотря на интенсивные исследования в России и мире, не удалось получить устойчивых результатов (мемристивного эффекта).

Для улучшения параметров структур предлагается использование ионного облучения.



Типичная структура мемристивного устройства на основе диоксида кремния



Схематическая вольтамперная характеристика структуры до и после формовки (приложения достаточно большого импульса напряжения), проводимой при отрицательном напряжении

# Задачи

1. Ознакомление с основами изготовления и работой элементов памяти нового типа - мемристорами.
2. Ознакомление с программой SRIM, используемой при выборе режимов облучения.
3. Измерение электро-физических характеристик мемристоров на приборе Agilent.
4. Освоение методики обработки результатов с применением программы Origin и языка программирования Python.

## Тема научной работы

# Спектроскопия фотопроводимости ZnSe, солегированного мелкими и глубокими примесями

### Научный руководитель

Филатов Дмитрий Олегович

Доктор физико-математических наук

Ведущий научный сотрудник

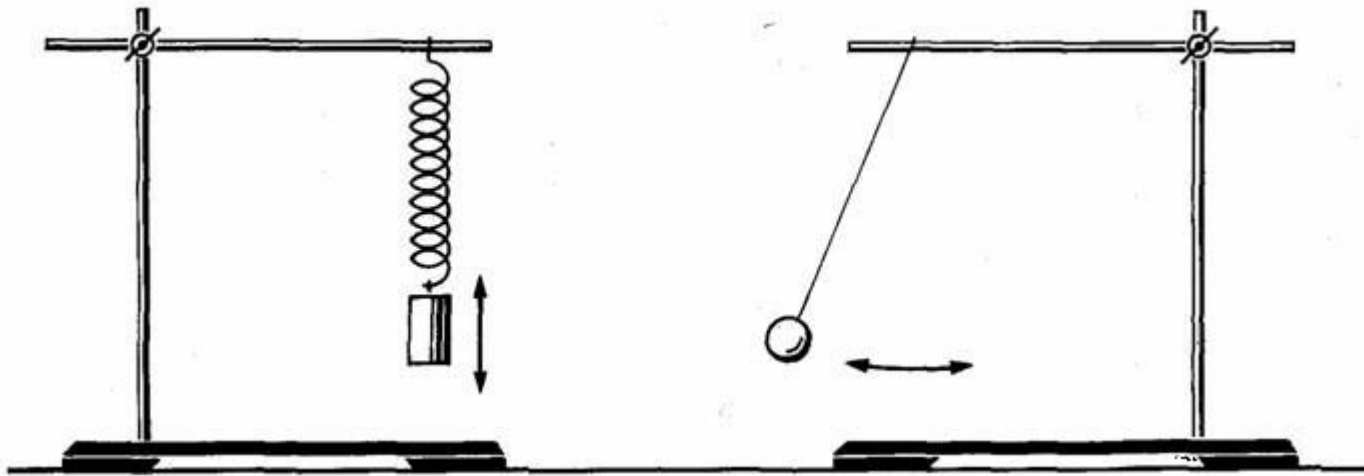
Научно-образовательного центра «Физика твердотельных наноструктур»  
Нижегородского государственного университета им.Н.И.Лобачевского

### Содержание работы

1. Освоение методики измерения спектров фотопроводимости полупроводниковых образцов
2. Самостоятельное (под контролем руководителя) выполнение цикла измерений спектров фотопроводимости образцов ZnSe, солегированных различными примесями
3. Обработка и анализ полученных спектров фотопроводимости, сравнение с литературными данными



# "Анализ колебаний маятника в поперечном магнитном поле"





**Антонов Дмитрий Александрович**

## **Исследование эффекта резистивного переключения в мемристорных структурах на основе эпитаксиальных пленок SiGe методом проводящей АСМ.**

Сегодняшнее понимание механизма РП в мемристорах, основано на филаментарном механизме. Под действием электрического поля, вакансии кислорода (или катионы металлов) формируют проводящие нити (филаменты), растущие почти через весь слой диэлектрика, и, таким образом, замыкают электроды. Если приложить напряжение обратной полярности, филаменты разрушаются (как правило, вблизи одного из электродов) и сопротивление мемристорной структуры восстанавливается. Одной из проблем в разработке мемристивных устройств энергонезависимой памяти является проблема размерами электродов в несколько десятков микрон (под которыми может формироваться большое количество филаментов масштабирования). Закономерности РП, установленные при исследованиях модельных мемристоров с), оказываются отличными от закономерностей РП мемристоров с электродами нанометровых размеров, под которыми может поместиться небольшое количество филаментов (в пределе — один индивидуальный филамент).

Размеры области контакта острия АСМ зонда с алмазоподобным покрытием к поверхности диэлектрической пленки может составлять  $<10$  нм, что соответствует ожидаемым размерам ячеек перспективной мемристивной памяти. Таким образом, контакт проводящего АСМ зонда к поверхности диэлектрической плёнки на проводящей подложке представляет собой хорошую модельную систему (виртуальный мемристор) для изучения особенностей РП в масштабах, соответствующих ожидаемым размерам перспективных мемристивных устройств.

Цель работы: Экспериментальное исследование эффекта резистивного переключения в индивидуальной дислокации в мемристивных структурах на основе пленок SiGe методом проводящей АСМ.

Задачами работы являются:

- получение и обработка экспериментальных данных по резистивному переключению в индивидуальных дислокациях в мемристивных структурах на основе пленок SiGe методом проводящей АСМ;

План работ:

1. Работа с научной литературой по тематике.
2. Получение экспериментальных данных (участие в экспериментах на АСМ/СТМ в атмосферных условиях).
3. Обработка экспериментальных данных с использованием программного обеспечения Origin Pro 9.0: построение Вольт-амперных характеристик, определение основных параметров резистивного переключения ( $V_{set}$ ,  $V_{reset}$ ,  $I_{on}/I_{off}$ ) в индивидуальных дислокациях в мемристивных структурах на основе пленок SiGe.
4. Подготовка текста учебно-исследовательской работы и презентации своей работы с использованием программного обеспечения: Microsoft word и Microsoft Power Point.



## Темы:

- 1. Определение параметров проводящих каналов - филаментов в мемристорной структуре с дислокациями.  
(Научн. рук , к.ф.м.н. Олег Николаевич Горшков).**
  
- 2. Формирование филаментов в мемристорах с оксидным диэлектрическим слоем и определение его геометрических параметров.  
(Научн. рук , к.ф.м.н. Мария Николаевна Коряжкина).**

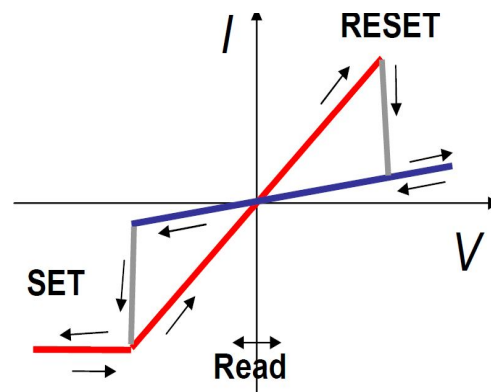
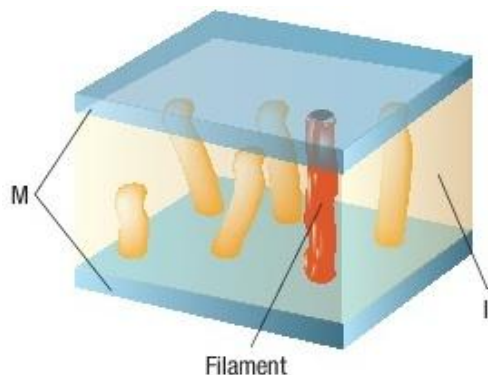
*НОЦ, Физический факультет, Нижний Новгород - 2019*

## Основные понятия

Мемристор – конденсатор, способный изменять проводимость диэлектрика под действием приложенного напряжения и сохранять состояние с определённым сопротивлением длительное время без затрат энергии.

Резистивное переключение – обратимое бистабильное (мультистабильное) изменение электропроводности диэлектрика под действием внешнего электрического поля.

Сегодняшнее понимание механизмов резистивных переключений основано главным образом на концепции проводящих каналов (филаментов), возникающих внутри диэлектрика под действием приложенного электрического поля. Внутри филаментов происходит модификация атомной структуры материала, что приводит к локальному изменению электронной проводимости материала.



# АКТУАЛЬНОСТЬ

Мемристоры могут быть использованы при создании

→ *элементов памяти*

→ *нейроморфных электронных устройств*

→ *не фон Неймоновских компьютеров*

→ *электронных устройств для нейробиологии и медицины*

Основные преимущества мемристоров:

- ❑ **малые размеры → высокая плотность записи информации;**
- ❑ **простота изготовления → высокая надежность и скорость перезаписи;**
- ❑ **совместимость с КМОП-технологией.**

Нерешённые задачи:

- ❖ **не достаточно изучены механизмы резистивных переключений мемристорных структурах;** В
- ❖ **стабильность параметров резистивного переключения не достаточна для применения в устройствах резистивной памяти;**
- ❖ **не определены оптимальные материалы и технологии изготовления мемристорных устройств.**

# Объекты и методики исследований:

## Методики исследования:

1. Исследование частотных зависимостей ёмкости, сопротивления и тангенса угла диэлектрических потерь (*Agilent B1500A*)



2. Обработка и анализ полученных результатов. Определение геометрических параметров филаментов.



**Определение ширины запрещенной зоны полупроводниковых материалов для фотокаталитической очистки воды от органических примесей.**

Литература:

([http://window.edu.ru/resource/147/21147/files/0010\\_10..](http://window.edu.ru/resource/147/21147/files/0010_10..))

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ. В.Ф. Агемян. Соросовский образовательный журнал 2000. С. 101-107

[http://window.edu.ru/resource/482/21482/files/0011\\_05..](http://window.edu.ru/resource/482/21482/files/0011_05..) ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ И ВОЗДУХА. Е.Н. САВИНОВ. СОРОСОВСКИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ, ТОМ 6, №11, 2000