

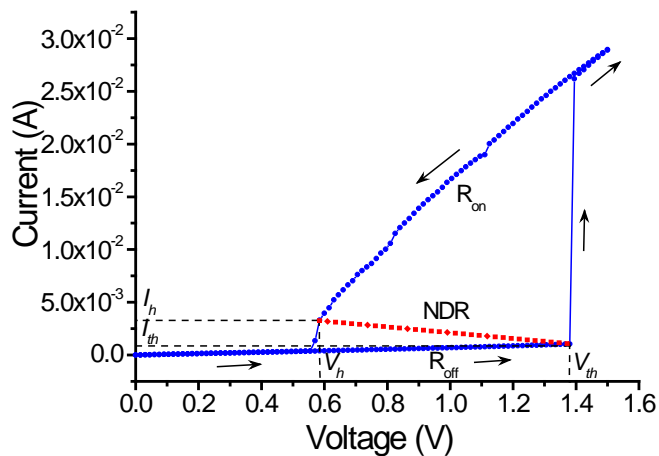
Новые нейросетевые технологии ассоциативной памяти и распознавания образов в системе взаимодействующих осцилляторов на базе переключающих структур оксидов переходных металлов

1. Технология создания оксидных планарных переключающих структур, на основе оксидов ванадия, с эффектом электрического переключения.

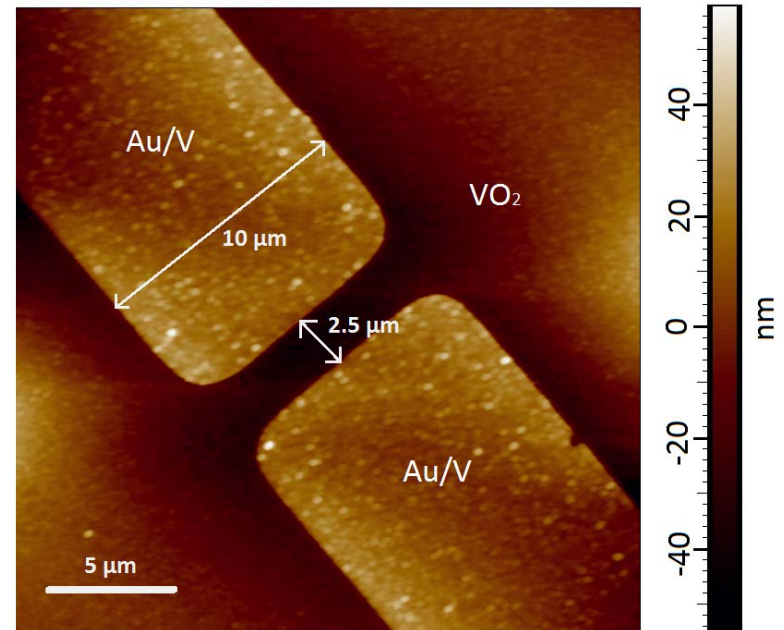
Этапы изготовления:

1. Напыление аморфной оксидной пленки
2. Отжиг пленки в атмосфере кислорода
3. Нанесение Au/V контактов

В качестве подложки использовались Al_2O_3 и Si/SiO_2



ВАХ переключателя



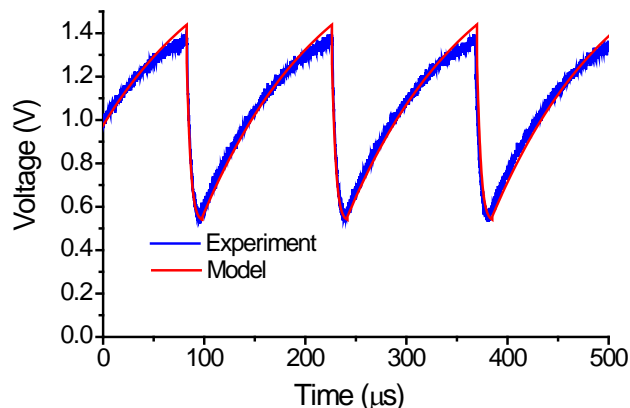
Изображение электрического переключателя, полученное в атомно-силовом микроскопе

Новые нейросетевые технологии ассоциативной памяти и распознавания образов в системе взаимодействующих осцилляторов на базе переключающих структур оксидов переходных металлов

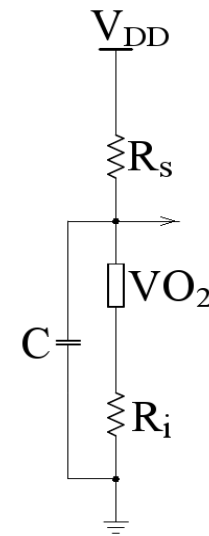
2. Устойчивая схемы генерации релаксационных колебаний в одном осцилляторном контуре.

Схема помещалась в экранированную измерительную ячейку, электрический контакт со структурами осуществлялся с помощью прижимных контактов. Все внешние элементы схемы соединялись коаксиальными кабелями.

На основе экспериментальных данных была создана модель автоколебательного контура в программе LTSpice.



Экспериментальные и модельные осциллограммы автоколебаний

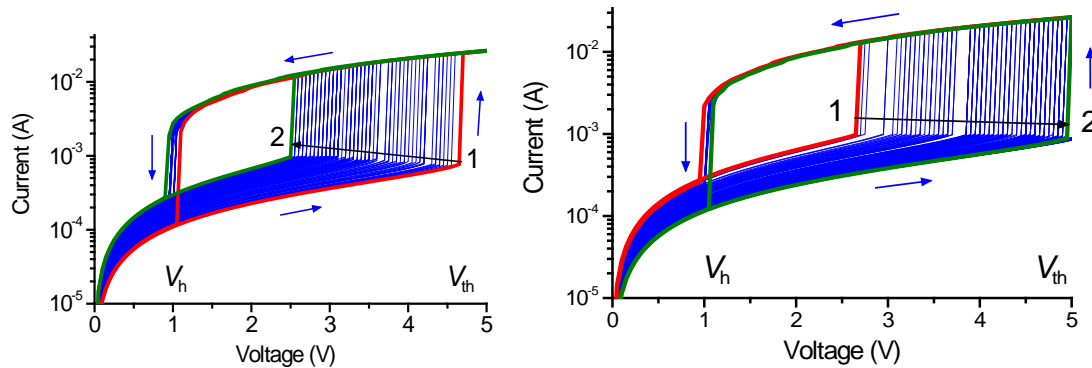


Электрическая схема осцилляторного контура

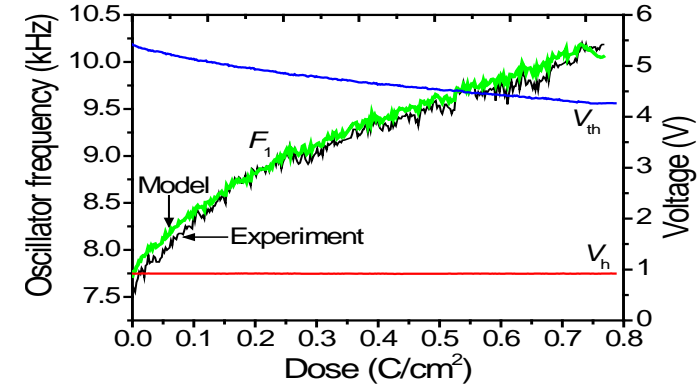
Новые нейросетевые технологии ассоциативной памяти и распознавания образов в системе взаимодействующих осцилляторов на базе переключающих структур оксидов переходных металлов

3. Наблюдение и выявление физических характеристик эффекта электронно-лучевой модификации на пороговые параметры переключателя и генерируемых релаксационных колебаний

Один из способов воздействия на параметры переключателя – электронно-лучевая модификация (ЭЛМ) в вакууме. Она обратима (при увеличении парциального давления кислорода) и связана с кислородными вакансиями.



Влияние ЭЛМ и напуска воздуха на ВАХ переключателя



Влияние ЭЛМ на частоту осцилляций

Новые нейросетевые технологии ассоциативной памяти и распознавания образов в системе взаимодействующих осцилляторов на базе переключающих структур оксидов переходных металлов

4. Проведение экспериментов с использованием фоторезистивных преобразователей, влияющих на динамику осцилляций

Управление осцилляторным контуром может осуществляться не только изменением параметров переключателя, но и изменением внешних элементов. Например, нагрузочного сопротивления.

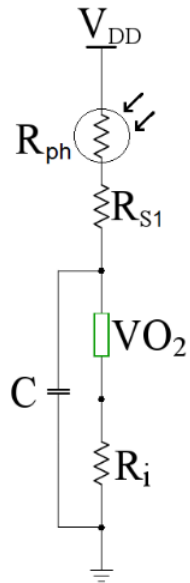
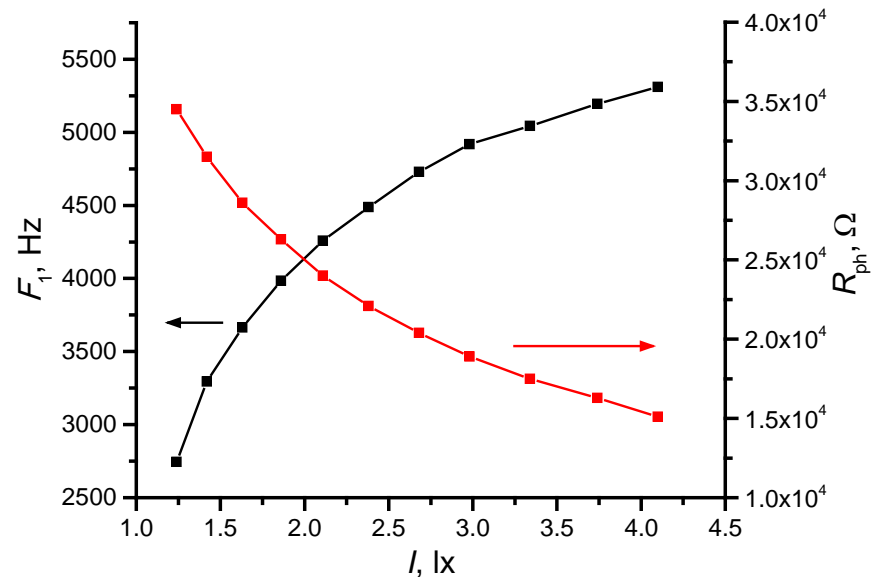


Схема изменения нагрузочного сопротивления



Влияние интенсивности светового потока на частоту осцилляций

Новые нейросетевые технологии ассоциативной памяти и распознавания образов в системе взаимодействующих осцилляторов на базе переключаемых структур оксидов переходных металлов

5. Проектирование связанных осцилляторных цепей с двумя связанными контурами

Динамика работы связанных осцилляторных контуров (осцилляторной сети) может быть использована для осуществления распознавания образов. Были проведены эксперименты по резистивному и емкостному связыванию двух осцилляторов ; результаты экспериментов совпали с модельными данными

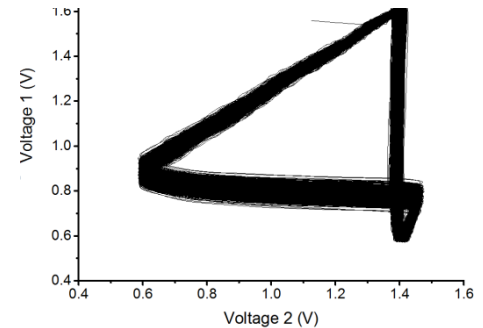
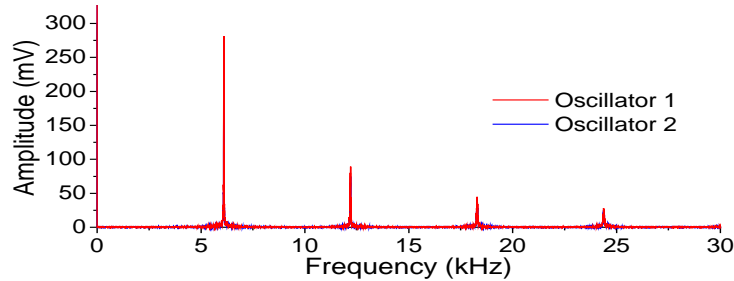
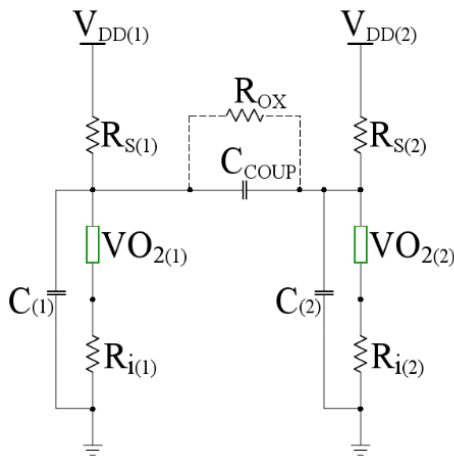


Схема емкостно-связанных осцилляторов

Спектр напряжений двух синхронизованных осцилляторов

Фазовые портреты синхронизованных осцилляторов

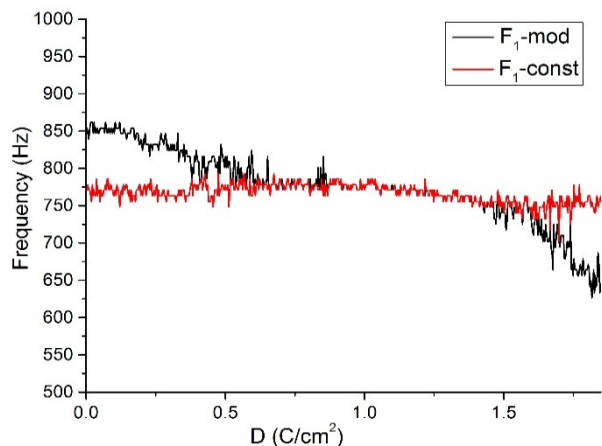
Новые нейросетевые технологии ассоциативной памяти и распознавания образов в системе взаимодействующих осцилляторов на базе переключающих структур оксидов переходных металлов

6. Изучение влияния электронного облучения на синхронизацию матрицы связанных осцилляторов

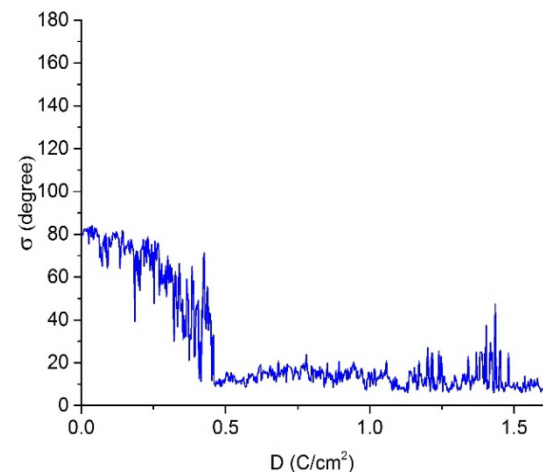
Была исследована динамика синхронизации двух связанных осцилляторов при изменении параметров одного из них.



Измерительный стенд



Изменение частот осцилляторов в зависимости от дозы

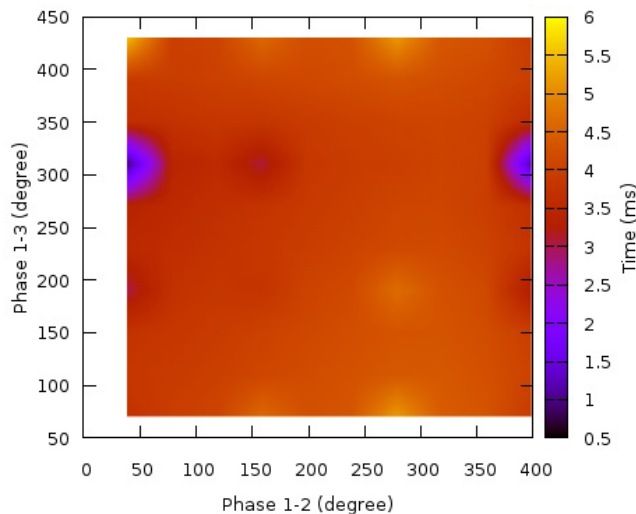


Среднеквадратичное отклонение разности фаз от дозы облучения

Новые нейросетевые технологии ассоциативной памяти и распознавания образов в системе взаимодействующих осцилляторов на базе переключающих структур оксидов переходных металлов

7. Моделирование функции распознавания образ-векторов

Распознавание образов (образ-векторов) осуществлялось с помощью модели фазового сдвига. Использовались три осцилляторных контура, соединённых по схеме звезда. Исходная разность фаз задавалась с помощью разного времени включения контуров, метрикой близости к собственному фазовому вектору являюсь время выхода на фазовую синхронизацию. °



Зависимость времени выхода на синхронизацию от значений начальной разности фаз

$C_{\text{coup } 1}$, нФ	$C_{\text{coup } 2}$, нФ	$C_{\text{coup } 3}$, нФ	Собственный фазовый вектор	Δt_s , мс
50	10	10	(38°, 310°)	0.9
40	50	30	(141°, 310°)	1.6
30	50	30	(292°, 198°)	2.5
10	20	10	(325°, 286°)	3.2
50	20	10	(129°, 300°)	3.8

Время фазовой синхронизации осцилляторных сетей различной конфигурации при одном и том же входном фазовом векторе $\Delta\varphi_t = (38^\circ, 310^\circ)$.

Показатели эффективности работы по Проекту в 2016 году

Показатели	Ед. изм.	План на 2016	Выполнено на 2016
Число членов научного коллектива	Чел.	9	9
Число членов научного коллектива – исследователей до 39 лет	Чел.	6	6
Число публикаций рецензируемых в базах данных Web of Science или Scopus	Ед.	4	5

1. П.П. Борисков, М.А. Беляев, А.А.Величко, Активационная диффузия кислорода в условиях фазового перехода металл-полупроводник диоксида ванадия”, Журнал физической химии, 2017, принята к публикации
2. Беляев М.А., Путролайнен В.В., Величко А.А, Явление бистабильности в одиночных и связанных осцилляторах на основе VO₂-переключателей, Письма в ЖТФ, 2016, том 42, вып. 24
3. A. A. Velichko, M. A. Belyaev, V. V. Putrolaynen, A. L. Pergament and V. Perminov , Switching dynamics of single and coupled VO₂-based oscillators as elements of neural networks, International Journal of Modern Physics B, 2016, Vol. 30, 1650261, 35 pages.
4. M. Belyaev, A. Velichko, V. Putrolaynen, V. Perminov, and A. Pergament, Electron beam modification of vanadium dioxide oscillators, Physica status solidi c, DOI:10.1002/pssc.201600236
5. A. Pergament, G. Stefanovich, A. Velichko, Relaxation oscillations in circuits containing sandwich switches based on vanadium dioxide, Phase Transitions, 2016, DOI:10.1080/01411594.2016.1201818