

раздел МЕМОРИАЛ

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2025.3.9

**ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА Р. З. БАХТИЗИНА:
ОСНОВНЫЕ ВЕХИ ЖИЗНИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

10 сентября 2025 года на 83 году жизни после продолжительной болезни скончался бывший заведующий кафедрой «Физической электроники и нанофизики» Башкирского государственного университета (ныне кафедра «Электроники и физикиnanoструктур» Уфимского университета науки и технологий), выдающийся физик, один из виднейших специалистов мирового уровня в области эмиссионной электроники и физики поверхностных nanoструктур, профессор Рауф Загидович Бахтизин (20.01.1943 – 10.09.2025).

Родители Рауфа Загидовича, Загид Имамутдинович Бахтизин и Факия Малиховна Салимова (впоследствии заслуженный учитель РСФСР), получили образование в Казанском педагогическом институте. Молодая семейная пара начала трудовую деятельность в одной из казанских школ. В 1937 году начались репрессии и их направили в Горьковскую область, где они также работали учителями. Вскоре началась Великая Отечественная Война, для учителей была броня, но в 1942 году Загида Имамутдиновича все же призвали в ряды красной армии. В бою получил контузию. Завершал войну уже на Дальнем востоке. 20 января 1943 г. в с. Кочки-Пожарки Красно-Октябрьского района Горьковской обл. родился Рауф Загидович. До окончания войны Рауф Загидович с мамой и старшей сестрой оставались в Горьковской области.

В 1946 году семья Загида Имамутдиновича вернулась в Уфу. Ему поручили участвовать в создании нефтяного техникума и назначали директором. Интересно, что одним из первых студентов техникума был первый Президент Республики Башкортостан Муртаза Губайдуллович Рахимов.

В 1950-е годы в стране была активная пропаганда советских научных достижений. Многие школьники, в том числе и Рауф Бахтизин, тянулись к этим достижениям. Учился в обычной школе №11 (ныне №61), расположавшейся в городе Черниковск. Интерес был к олимпиадам по математическим наукам. Уфа была тыловым городом, сюда перебрасывали людей с Европейской части СССР, в том числе с Крыма, что проявилось в интернациональном характере Уфы и повлияло на мировоззрение Рауфа Загидовича на всю последующую жизнь: он легко завязывал контакты с учеными разных стран, в том числе в своих зарубежных командировках. Учился успешно. Школу закончил с серебряной медалью, что в те годы было нечастью.

К моменту окончания школы открылся Башкирский Государственный Университет. Из-за своей робости Рауф Загидович не стал пробовать свои силы для поступления в столичные вузы, а поступил в БашГУ на физико-математический факультет, отделение физики. Проучившись три года, перевелся в Ленинградский государственный университет (ЛГУ) на физический факультет, кафедра электрофизики, на третий курс. Учиться было трудно. Особенно чувствовалась разница в обучении математики и радиотехники. Один из преподавателей физфака ЛГУ, Г. Н. Фурсей, предложил активному студенту работать под его руководством, предложив тему научно-исследовательской работы по взрывающимся проволочкам. Ближе к окончанию обучения тема исследований конкретизировалась, ею стала автоэлектронная эмиссия полупроводников (германий и др.).



Р. З. Бахтизин – аспирант ЛГУ (второй справа).

Основной импульс к занятию научной деятельностью Рауф Загидович получил в аспирантуре ЛГУ. Там он продолжил изучать автоэмиссионные свойства полупроводников и опубликовал ряд статей в ведущих научных

журналах страны. Рауф Загидович рассказывал, вспоминая те годы: «В те годы у меня сформировалась привычка, подход – если я взялся за дело, то сначала досконально изучал литературу, в том числе зарубежную, что сделано в мире по данной теме другими учеными. С тех пор через всю жизнь я пронес такой подход.»

Тогда было очень нелегко опубликовать статью в хорошем зарубежном научном журнале, но неимоверными усилиями Рауфа Загидовичу удалось опубликовать статьи в таких журналах, как *Surface Science*, *Physica Status Solidi* и других.

SURFACE SCIENCE 29 (1972) 644-652 © North-Holland Publishing Co.

645

OXYGEN ABSORPTION ON THE ATOMICALLY CLEAN SURFACE OF GERMANIUM FIELD Emitter

N. V. MILESHKINA and R. Z. BAKHTIZIN
Institute of Physics, Leningrad State University, Leningrad, U.S.S.R.

Received 19 June 1971; revised manuscript received 20 October 1971

Oxygen adsorption on clean germanium surfaces has been studied by FEM technique. The straightening of initially non-linear $i-U$ characteristics of p-type germanium emitter is observed at certain coverage called "effective monolayer", work function increasing to $\Delta\varphi = 0.3$ eV. This effect is assumed to be due to the distance in the surface atoms density at oxygen adsorption. Maximum increase in the work function is $\Delta\varphi = 0.8$ eV.

3. Introduction

Oxygen adsorption on the atomically clean germanium surface has been thoroughly studied by various methods¹⁻⁸. Some additional information may be obtained by field emission study. The above adsorption study method has the significant advantage of continuous visual surface control during the experiment, and gives the possibility to observe adsorption on one or several facets of the same single crystal simultaneously. The cleaning of the surface by field desorption makes it possible to restore it and to repeat the experiment on nearly identical surface. For smooth coverage on metals the adsorption change in the work function is determined from the slope of the Fowler-Nordheim plots. For a p-type semiconductor field emitter it may be expected that the $i-U$ characteristics^{4,5} contain some supplementary emitting surface information. First studies of adsorption on semiconductor emitters with non-linear $i-U$ characteristics by field emission microscopy (FEM) technique were carried out in refs. 6 and 7 for Ba and Ti on p-type germanium. Some changes in the $i-U$ characteristics were observed to take place (their "straightening") at a certain stage of adsorption, which were supposed to be due to the conductivity of the adsorbed layer. But the possibility of such a case for the oxygen-germanium system is eliminated, therefore $i-U$ characteristics are expected to show the changes, occurring at the emitting area of the tip during the adsorption process.

2. Experimental

Field emitters were prepared from previously oriented germanium single crystals of $3 \Omega \text{ cm}$ p-type. The tips were etched in CP-4a solution. The emitter surface was cleaned by field desorption. The symmetrical field emission pattern of germanium clean surface is shown in fig. 1. The experiments were performed by standard field emission microscopy techniques. Müller's FEM was used with control FEM attached to check up the purity and the stability of functioning of the oxygen source, as well as for comparing the oxygen sticking coefficient both on germanium and on tungsten.

The source of oxygen was described in ref. 8. The oxygen quantity in the gas phase was considered to be proportional to the time of the source functioning. When the emission current (in the regime of Fowler-Nordheim $i-U$ characteristics) did not change considerably in time on switching off the oxygen source the measurements were performed. The oxygen pressure measurement was done by means of thermocouple manometer 1.3-2 with the subsequent extrapolation in the range of lower pressure. The oxygen could be pumped out by means of the getters. The technique of pumping as well as vacuum conditions have been described in ref. 7.

3. Results

The changes in FEM patterns of germanium surface caused by oxygen adsorption are shown in fig. 1. The oxygen coverage is about 0.1 monolayer.

Fig. 1. Field emission pattern of atomically clean (111)-oriented Ge. (a) Field-emission pattern and (b) pattern after annealing for 1 min at 390°C.

N. V. Mileshkina and **R. Z. Bakhtizin**. Oxygen Adsorption on Atomically Clean Surface of Germanium Field Emitter // *Surface Science* **29** (1972). P. 644-652.

I. L. SOKOLSKAYA et al.: Gold Adsorption on Ge Field Emitters 417

phys. stat. sol. (a) **14**, 417 (1972)

Subject classification: 17.1; 14.3; 22.1.1

Institute of Physics, Leningrad State University

Gold Adsorption on Clean Germanium Field Emitters

By

I. L. SOKOLSKAYA†, N. V. MILESHKINA, and R. Z. BAKHTIZIN¹⁾

Gold adsorption on clean surfaces of p-type and n-type Ge crystals has been studied by FEM technique. A structural selectivity of adsorption and desorption is observed. Contrary to what might be expected gold adsorption accessible at all for FEM coverages does not essentially change the field emission current. The straightening of the $i-U$ characteristics for p-type Ge is observed for several monolayers of Au.

Goldadsorption auf sauberen Oberflächen von p-leitenden und n-leitenden Ge-Kristallen wurden mit der FEM-Technik untersucht. Ein strukturelles Trennvermögen von Adsorption und Desorption wird beobachtet. Im Gegensatz zum erwarteten Verhalten ändert Goldadsorption, die für FEM-Bedeckungen überhaupt möglich ist, den Feldemissionsstrom nicht wesentlich. Linearität der $i-U$ -Charakteristiken für p-leitendes Ge wird für einige Monoschichten von Au beobachtet.

1. Introduction

The study of the metal-semiconductor contact at the first stages of metal adsorption [1] is of special interest as it helps to understand the processes which take place at the semiconductor-metal boundary. Some useful information may be obtained when studying the adsorption of thin metal layers on a semiconductor substrate. There is a very small number of works researching the metal ad-

I. L. Sokolskaya, N. V. Mileshkina and **R. Z. Bakhtizin**. Gold Adsorption on Clean Germanium Field Emitters // *Physica Status Solidi (A) Applied Research*. 1972. T. 14. №2. C. 417-422.

В 1972 году успешно защитил кандидатскую диссертацию. Разработал новые вакуумные приборы конической формы. В этом же 1972 году активный кандидат наук вернулся в БашГУ, но не с пустыми руками. Ему удалось привезти с собой приборную базу для будущих экспериментальных лабораторий.

БашГУ предоставил площади для новых лабораторий на базе кафедры общей физики. Необходимо было выбрать оригинальное направление. Таким стало – эмиссионная электроника. Удалось добиться значительных результатов. Группа ученых под руководством Р. З. Бахтизина сами проектировали новые электронные приборы и направляли заказы на их производство на заводы. А также самостоятельно создавали необходимые электровакуумные приборы.



Доцент Р. З. Бахтизин с сотрудниками кафедры, 1987 г.

На фото (слева направо) в первом ряду: Б. К. Сушко, Ю. М. Юмагузин;
во втором ряду: Е. Прокшина, Р. З. Бахтизин, С. С. Гоц.

В те времена в Советском Союзе дела обстояли так, что предприятия обязывали выделять материальные и финансовые средства на НИОКР. Одним из таких предприятий было НПО «Энергия» (г. Королев). То есть оно выступало заказчиком проведения исследовательских работ. Благодаря этому, развилась деятельность по измерению электростатических полей, что привело к созданию различных приборов для измерения их параметров. Работы носили прикладной характер, разрабатывались новые приборы, с некоторыми из которых группа Р. З. Бахтизина участвовала в ВДНХ (г. Москва), была отмечена серебряной медалью. На базе этих прикладных разработок получили множество авторских свидетельств и патентов на изобретения. По инициативе ректора Р. Н. Гимаева, учитывая достижения группы профессора Бахтизина, в 1980-х годах при университете было открыто конструкторское бюро «Заряд», от руководства которым Рауф Загидович отказался, чтобы посвятить больше времени фундаментальной науке.

По специальности «Радиофизика и электроника» готовили квалифицированных специалистов для отечественной радиоэлектронной промышленности.



Доцент Р. З. Бахтизин с учениками и сотрудниками кафедры. Середина 1980-х гг.

В конце 80-х начале 90-х годов активно развивалась вычислительная техника. Группа Рауфа Загидовича была лидером в регионе по ее использованию в исследованиях. Одним из запоминающихся событий было выступление Рауфа Загидовича на совете ректоров РБ по просьбе бывшего ректора БашГУ Р. Н. Гимаева

По инициативе Рауфа Загидовича в начале 1980-х годов в Башкирском госуниверситете была создана кафедра радиофизики и электроники, которую он возглавлял на протяжении 40 лет.



Состав (неполный) кафедры физической электроники в 2001 г.
На фото (слева направо): д.т.н. Б. К. Сушко, д.ф.-м.н. С. С. Гоц,
д.ф.-м.н. Р. З. Бахтизин, д.т.н. В. М. Сапельников.



Состав кафедры физической электроники и нанофизики в 2015 г.
На фото (слева направо) в первом ряду: секретарь Г. А. Гизатуллина,
проф. Р. З. Шайхитдинов, доц. О. Л. Рыжиков, доц. Т. И. Шарипов;
во втором ряду: проф. М. Ю. Доломатов, проф. Р. З. Бахтизин, проф. С. С. Гоц.

В авторитетных зарубежных и отечественных научных журналах им опубликовано более 300 научных работ, изданы 5 монографий и получено более 30 патентов [1–7].

Профессор БашГУ – один из авторов учебника по экологии, выпущенного в ФРГ

В издательстве Wiley-VCH Verlag & Co, KGaA, Boschstraße Weinheim (ФРГ) вышел в свет учебник по экологии и проблемам защиты окружающей среды. Среди его многочисленных авторов, в это порядка 30 ученых со всего мира, профессор кафедры физической электроники и нанофизики Физико-технического института БашГУ, доктор физико-математических наук, Заслуженный деятель науки Республики Башкортостан, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, Лауреат Государственной премии РБ в области науки и техники Рауф Загидович Бахтизин.

– Показателем мирового уровня для любого университета являются научные достижения его профессоров, а также подготовленные ими сборники трудов, – отметил в беседе с корреспондентом медиацентра БашГУ Рауф Загидович. – Недавно мне поступило предложение от профессоров Технологического института Штата Нью-Джерси (США) Чанда Берри-Мустанкора Хуссина и университета Южной Африки (ЮАР) Аджей Кумара Мишра вйти в международный коллектив ученых и написать совместный учебник для вузов. Я привлек к этой задаче своего многолетнего коллегу из МГУ им. М.В. Ломоносова Андрея Оршакина, с которым мы ранее выполнили много совместных проектов



и написали массу общих статей. И в результате в хорошо иллюстрированной книге появилась обширная глава «Атомно-масштабные исследования адсорбции молекул фторированных фуллеренов на поверхности полупроводников».

В главе двух соавторов описаны результаты экспериментов с отдельными молекулами фторфуллеренов с их визуализацией на атомном уровне. Учебник выпущен на английском языке. И, по словам Рауфа Бахтизина, будет представлять интерес не только для студентов, но и для всех, кто интересуется вопросами экологии.

А. Давлетшина

бу

Агентства
проекта
университета
Рейтинга
граммы по
России.
университет
представи
разовани
данном ре

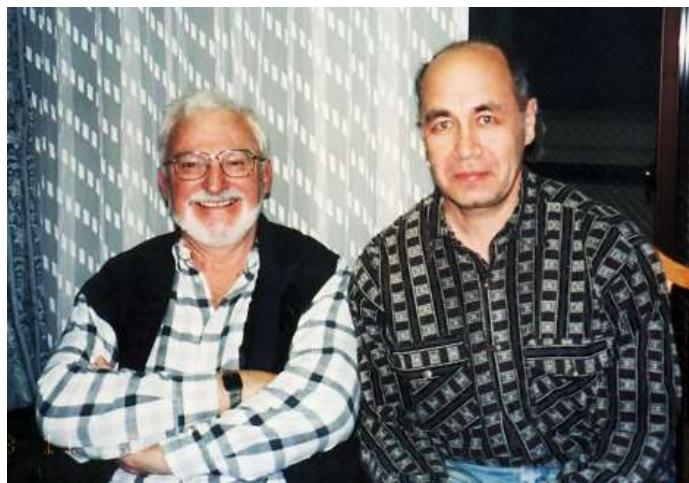
Такое
ных про
вые Спек
универси
в сфере
того; в ра
ны данн
ные рабо
По итогам
студенты
образом,
зания РЗ
лов). «О
размести

Баш
верситет
ров, рав
ных вып
в Форма
 среди ро
разовани

К пр
та ВКР в
дентов

Профessor P. Z. Bakhzizin – coавтор учебника на английском языке, выпущенного в Германии.

В начале 1990-х годов P. Z. Bakhzizin был определен новый вектор в исследованиях – нанофизика и нанотехнологии. Группа профессора P. Z. Bakhzizina была одной из пионеров в нашей стране по внедрению новых физических методов исследованияnanoобъектов – методов сканирующей зондовой микроскопии. Благодаря его неимоверным усилиям и при поддержке руководства университета в БашГУ появился НОЦ «Нанофизики и нанотехнологий», оснащенный самым передовым на тот момент оборудованием.



P. Z. Bakhzizin с Нобелевским лауреатом по физике
Х. Рорером (Heinrich Rohrer), Швейцария, 2007 г.

Рауф Загидович наладил широкие научные контакты с иностранными учеными, зарубежными научными и образовательными центрами. Он неоднократно выезжал за рубеж в качестве приглашенного лектора и для проведения совместных экспериментов в ведущих университетских центрах Японии, США, Франции, Китая, Швеции, Германии, Великобритании, Южной Кореи, Польши.



Профессор Р. З. Бахтизин – приглашенный лектор в Пекине, Китай.



Профессор Р. З. Бахтизин – исследователь в университете Тохоку, Япония, 2007 г.



Профессор Р. З. Бахтизин и доцент Т. И. Шарипов с аспирантами ЕНУ им. Л. Н. Гумилева (Казахстан) – Т. Алибай и Г. Байрбаева, которые проходят стажировку на кафедре физической электроники и нанофизики УУНиТ, 2022 г.

Профессор Р. З. Бахтизин организовал и успешно провел несколько международных и всероссийских конференций с приглашением ведущих российских и зарубежных ученых для выступления с пленарными докладами и лекциями:



Международная конференция по вакуумным источникам электронов IV ESC-2002 (г. Саратов).

В центре первого ряда – Р. З. Бахтизин, академик Ю. В. Гуляев, Н. И. Синицын.



Всероссийская конференция «Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники», 2016 г.
Президиум (слева направо): д.т.н., проф. В. А. Быков, д.т.н., проф. В. А. Сергеев,
д.ф.-м.н., проф. Р. А. Якшибаев, д.ф.-м.н., проф. Р. З. Бахтизин, д.ф.-м.н., проф. А. А. Бухараев.



Всероссийская конференция с международным участием
«Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники», 2018 г.
Пленарное заседание.



Всероссийская конференция с международным участием
«Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники», 2018 г.
Пленарный доклад проф. Vijay Kumar, Shiv Nadar University, India.



Всероссийская конференция с международным участием
«Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники», 2018 г.
Встреча приглашенных лекторов с руководством БашГУ.



Р. З. Бахтизин на церемонии награждения Государственной премией РБ
в области науки и техники, 2006 г.

Награжден серебряной медалью ВДНХ СССР, почетным знаком «Изобретатель СССР», Почетной грамотой Минобразования РФ, дипломами Федерального агентства по науке и инновациям.

Как специалиста высокого уровня в своей научной области, профессора Бахтизина постоянно приглашали для экспертной оценки научно-исследовательских результатов. Он являлся членом редколлегий высокорейтинговых международных научных журналов (*Journal of Micromechanics & Microengineering*, *Nanotechnology & Advanced Microscopy*, *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials* и др.), членом руководящих комитетов Международного общества по полевой эмиссии IFES и Международного общества по вакуумным электронным источникам IVESC, Сопредседателем 43-го Международного симпозиума по полевой эмиссии (Москва, июль 1996) и 4-й Международной конференции по вакуумным электронным источникам (Саратов, июль 2002 г.).

Время движется, а история остается. Трудно переоценить значительный научный и педагогический вклад Рауфа Загидовича Бахтизина, уважаемого и известного ученого, организатора и популяризатора науки и радиофизического образования в России.

В памяти своих друзей, коллег и учеников он останется как улыбчивый, доброжелательный, справедливый, преданный своему делу, добросовестный и приятный человек, целеустремленный и компетентный исследователь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mileshkina N. V. and Bakhtizin R. Z. Oxygen Adsorption on Atomically Clean Surface of Germanium Field Emitter // *Surface Science* 29 (1972) P. 644–652.
2. Sokolskaya I. L., Mileshkina N. V. and Bakhtizin R. Z. Gold Adsorption on Clean Germanium Field Emitters // *Physica Status Solidi (A) Applied Research*. 1972. T. 14. №2. C. 417–422.
3. Бахтизин Р.З., Хашицуме Т., Вонг Ш., Сакурай Т. Сканирующая тунNELьная микроскопия фуллеренов на поверхности металлов и полупроводников // Успехи физических наук. 1997. Т. 167. С. 289–307.
4. Oreshkin A. I., Muzychenko D. A., Bakhtizin R. Z. et al. Real-time decay of fluorinated fullerene molecules on Cu(001) surface control-led by initial coverage. // *Nano Research*. 2018. V. 11(4). P. 2069–2082.
5. Sadowski J. T., Bakhtizin R. Z., Oreshkin A. I., Nishihara T., Al-Mahboob A., Fujikawa Y., Nakajima K., Sakurai T. Epitaxial C-60 thin films on Bi(0001) // *Surface Science*. 2007. V. 601, No 23. P. 136.
6. Oreshkin A. I., Muzychenko D. A., Oreshkin S. I., Panov V. I., Bakhtizin R. Z., Petukhov M. N. A fluorinated fullerene molecule on Cu(001) surface as a controllable source of fluorine atoms. // *The Journal of Physical Chemistry C*. 2018. 122, Iss. 42. Pp. 24454–24458.
7. Глава (Chapter) “*Atomic Scale Study of Fullerene Molecules on Semiconductor Surfaces*” by Bakhtizin R. Z. & Oreshkin A. I. в книге: “*Nanotechnology in Environmental Science*”/56227. Hussain, Mishra (Eds.). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA Boschstraße 12. 69469m Weinheim. Germany. 2018. 877 p.

Т. И. Шарипов,
доцент кафедры электроники и физики наноструктур
Физико-технического института УУНиТ.