

**ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ  
В РГПУ ИМ. А. И. ГЕРЦЕНА.  
НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ\***

*Статья посвящена основоположникам научных школ физики диэлектриков и полупроводников факультета физики в РГПУ им. А. И. Герцена профессорам М. С. Косману и А. Р. Регелю и современным научным школам факультета этого направления.*

Основоположниками школы физики полупроводников и диэлектриков в Российском государственном педагогическом университете им. А. И. Герцена следует считать доктора физико-математических наук, профессора *Михаила Сергеевича Космана* и доктора физико-математических наук, профессора *Анатолия Робертовича Регеля*.

***Научная школа доктора физико-математических наук,  
профессора М. С. Космана***

В 2005 году факультет физики отмечает 100-летие со дня рождения М. С. Космана.

В ЛГПИ — РГПУ им. А. И. Герцена Михаил Сергеевич утвержден в должности профессора кафедры экспериментальной физики в 1946 году, с 1956 по 1961 годы заведовал этой кафедрой; с 1973 по 1974 год был профессором-консультантом на этой кафедре.

Михаил Сергеевич Косман внес большой вклад в развитие электроники. Он является одним из основателей учения о вторичной электронной эмиссии. Его работы 1933—1941 годов посвящены вопросам вторичной электронной

---

\* Автор статьи выражает глубокую благодарность директору музея истории университета Е. М. Колосовой и сотрудникам факультета физики за предоставленные материалы.

---

эмиссии, термоэлектронной и холодной эмиссии. С 1939 года Михаил Сергеевич начинает заниматься изучением закономерностей объемной и поверхностной проводимости полупроводников и диэлектриков, изучением процессов поляризации диэлектриков, процессов долговременной релаксации поляризационных состояний, а также гистерезисных явлений в поляризации. Он первым предложил учитывать вклад электронной составляющей в процессы, протекающие в диэлектриках. М. С. Косман — автор свыше 60 научных работ, среди которых особое место занимает монография «Поверхностные состояния, поверхностные электроны и их связь с объемными и контактными явлениями», опубликованная в 1967 году. Михаил Сергеевич был широко образованным физиком, талантливым экспериментатором, который простыми и доступными средствами мог получить новую научную информацию об электрических свойствах диэлектриков и полупроводников.

Профессором М. С. Косманом были подготовлены пять докторов физико-математических наук: Э. В. Бурсиан, В. А. Извозчиков, Б. А. Тазенков, Б. А. Муравский, В. Ф. Писаренко и свыше 40 кандидатов наук. Б. А. Тазенков, Э. В. Бурсиан, В. А. Извозчиков продолжили экспериментальные исследования диэлектриков и полупроводников в РГПУ им. А. И. Герцена, стали в дальнейшем докторами наук, создали свои научные школы.

В пятидесятые годы (с 1952 по 1955 год) профессор М. С. Косман и его аспирант **Борис Афанасьевич Тазенков**, занимаясь исследованиями закиси меди, открыли явление фотопамяти. После защиты кандидатской диссертации на тему «Электропроводность закиси меди» в 1956 году Б. А. Тазенков был принят ассистентом на кафедру экспериментальной физики. В начале 60-х годов Борис Афанасьевич заинтересовался технологией изготовления и исследованием физических свойств селеновых слоев.

В 1965 году на кафедре общей и экспериментальной физики была создана первая в институте научно-исследовательская хоздоговорная лаборатория по электрофотографии под руководством Б. А. Тазенкова, на базе которой сформировалась его научная школа.

Первое научное направление — исследование широкозонных халькогенидных полупроводников, в частности, исследование физических свойств селеновых носителей электрофотографического изображения и совершенствование технологии их изготовления. В конце 60-х годов Б. А. Тазенков и его первый аспирант Виктор Григорьевич Бойцов возглавили научное руководство организацией производства отечественных электрофотографических копировальных аппаратов и селеновых цилиндров к ним на заводе «Электроприбор» в г. Грозном (крупнейшее в Советском Союзе предприятие по изготовлению электрофотографической отечественной аппаратуры). Технология изготовления селеновых цилиндров, получивших Знак качества, была признана лучшей в стране. В 1983 году эта работа была удостоена премии Совмина за создание и внедрение в народное хозяйство электрофотографических копировальных аппаратов и селеновых электрофотографических цилиндров к ним.

В начале 70-х годов в лаборатории выделяется новое направление «Исследование пленочных электретов и пьезоэлементов». Начинается активное изуче-

---

ние электретных свойств полимерных фторопластовых пленок. Авторским коллективом, в том числе Б. А. Тазенковым и В. Г. Бойцовым, в первой половине 80-х годов был получен патент на технологию изготовления пленочных электретных мембран к микрофонам. Впоследствии эта технология была запатентована во всех соцстранах, а ГДР купила лицензию на производство электретных мембран для микрофонов.

Под руководством Б. А. Тазенкова в период с 1965 года по 1991 год были защищены одна докторская и 12 кандидатских диссертаций.

Традиции полупроводниковой школы Б. А. Тазенкова были продолжены в деятельности научной школы «Электрофизика диэлектриков», возглавляемой доктором технических наук, профессором **Виктором Григорьевичем Бойцовым**. С 1972 года проводятся исследования электретных и пьезоэлектрических свойств полимерных материалов, разработана промышленная технология поляризации мембран и установки для зарядки мембран электретных микрофонов. За эту работу в 1990 году профессор В. Г. Бойцов удостоен звания лауреата премии Совета Министров СССР.

В настоящее время в научно-исследовательской лаборатории «Электреты в наукоемких технологиях», которой руководят профессор В. Г. Бойцов и доктор физико-математических наук профессор **Андрей Александрович Рычков**, проводятся исследования электретных свойств полимерных пленок с элементсодержащими наноструктурами, встраиваемыми в поверхность по технологии молекулярного наслаивания. Удалось получить электреты, термостабильность которых увеличена на 120 К, что позволит существенно расширить области применения таких электретов. В 2003 году за указанную разработку коллектив лаборатории получил диплом 2-го Московского промышленного форума.

В лаборатории защищены две докторские и шесть кандидатских диссертаций.

Исследованием электретов на факультете физики занимаются представители еще одной научной школы. В середине 50-х годов прошлого столетия научное направление физики диэлектриков возглавлял член-корреспондент РАН, автор известных монографий по физике диэлектриков, профессор Г. Сканави. Именно под его руководством начали проводиться первые научные конференции по физике диэлектриков (1955–1958 гг.) Учеником Г. Сканави, и впоследствии руководителем научной школы «Физика электретов» в стране, был известный ученый Алексей Николаевич Губкин, автор ряда монографий по электретам.

Одним из учеников А. Н. Губкина является **Юрий Андреевич Гороховатский**, который с 1989 года работает в ЛГПИ (РГПУ) им. А. И. Герцена и в настоящее время возглавляет научную школу (под его руководством защищены одна докторская и 10 кандидатских диссертаций). Основное научное направление школы Ю. А. Гороховатского — разработка теории и экспериментальной методики термоактивационной спектроскопии диэлектриков. Изучаются механизмы накопления и релаксации в широком круге диэлектриков от монокристаллов природных алмазов до пористых стекол и волокнистых полимеров. Одновременно проводится разработка современных численных методов обработки

---

экспериментальных данных с использованием регуляризирующих алгоритмов, что существенно повысило информативность методов термоактивационной спектроскопии.

Большой вклад сделан М. С. Косманом в учение о сегнетоэлектричестве. В то время, когда это направление еще только начинало развиваться, им были выполнены и опубликованы работы по изучению сегнетовой соли и титаната бария. Особое значение имели работы по пьезоэффекту и диэлектрическому гистерезису.

В пятидесятые годы профессор М. С. Косман и его аспирант **Эрик Викторович Бурсиан** исследовали центры окраски в кристаллах халькогенидов, а затем — процессы окраски в постоянном электрическом поле в кристаллах рутила (окись титана). В результате этих работ появилось понятие «кривая Космана» — зависимость от времени тока, возрастающего по мере окрашивания. После окончания аспирантуры внимание М. С. Космана и Э. В. Бурсиана привлек новый и мало изученный для того времени кристалл — титанат бария. И в нем было обнаружено двойное окрашивание при приложении постоянного поля. После этого преимущественным направлением работ Э. В. Бурсиана, а в последствии и его лаборатории и научной школы, на базе которой она сформировалась, стало сегнетоэлектричество.

Отмечу полученные в этой лаборатории основные результаты, относящиеся к физике диэлектриков: исследование механизмов проводимости титаната бария (с привлечением модели полярона малого радиуса для их объяснения), сопоставление сегнетоэлектрических параметров кристаллов с их электронными спектрами, выявление корреляции между подвижностью и температурой фазового перехода, развитие межзонной модели сегнетоэлектрика, изучение поведения нелинейного диэлектрика в сильном электрическом поле, в результате чего обнаружена аномальная температурная зависимость генерации второй оптической гармоники в титанате бария; предложены структуры, обеспечивающие квазисинхронизм при генерации второй оптической гармоники в  $\text{BaTiO}_3$ ; обнаружена автосинхронизация волн при генерации второй гармоники в титанатах бария и свинца.

Доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Э. В. Бурсиан за период с 1961 по 2004 год подготовил свыше 20 кандидатов наук и одного доктора наук.

Аспирантом профессора М. С. Космана в 1958–1961 годах был **Валерий Александрович Извозчиков** — в настоящее время доктор физико-математических наук, профессор, почетный профессор РГПУ, заслуженный деятель науки РФ. Работа по физике диэлектриков для В. А. Извозчикова началась с изучения оксидов свинца. Характерной особенностью многочисленных публикаций того времени, посвященных исследованиям соединений окисно-свинцового ряда, была их эпизодичность при противоречивости и невоспроизводимости результатов. Только комплексные многолетние исследования структуры, оптических, электрических и фотоэлектрических свойств, взаимодействия с рентгеновскими лучами и рентгенопроводимости в фотопроводящих гибридных мо-

---

нокристаллах монооксида свинца, в тонких пленках, керамиках, фотопроводящих слоях позволили В. А. Извозчикову и его аспирантам (именно по этой тематике защитились 17 аспирантов, пять из которых стали докторами наук) увидеть закономерности в данных, казалось бы, совершенно не поддающихся обобщенному анализу. При изучении монокристаллов окиси свинца его первым аспирантом Г. А. Бордовским был обнаружен спонтанный фазовый переход, протекающий без внешнего воздействия, в результате которого возникает специфический гибридный монокристалл с промежуточной областью искаженной структуры. Со временем пришло понимание, что бифазность есть естественное состояние оксида свинца. Эти работы легли в основу концепции ЕНПК, представления об оксидах свинца как о естественно неупорядоченных полупроводниковых кристаллах.

Свое дальнейшее развитие исследования получили в работах *Геннадия Алексеевича Бордовского*, который предположил, что склонность оксидов свинца к полиморфным переходам и к образованию бифазных систем с областями искаженной структуры, то есть ЕНПК, может изначально являться следствием позиционной неупорядоченности кристаллической решетки. Комплексному исследованию широкой группы высокоомных свинецсодержащих фотопроводящих полупроводников посвящены работы школы Г. А. Бордовского, доктора физико-математических наук, профессора, академика РАО, лауреата государственной премии президента РФ, почетного доктора ряда отечественных и зарубежных университетов, ректора РГПУ им. А. И. Герцена.

В рамках развитого профессором Г. А. Бордовским научного направления «Полупроводники с позиционной неупорядоченностью решетки» были выяснены основные закономерности и специфические особенности протекания электронных процессов в группе позиционно неупорядоченных материалов с учетом постепенного усиления характера неупорядоченности от монокристаллов окиси свинца с позиционно неупорядоченной кислородной подрешеткой к тройным свинецсодержащим соединениям (висмутатам свинца), характеризующимся разупорядоченностью двух подрешеток, вплоть до полной разупорядоченности в свинецсодержащих халькогенидных стеклах.

Под руководством Г. А. Бордовского были подготовлены около 20 кандидатских и 9 докторских диссертаций, в том числе в рамках данного научного направления — девять кандидатских диссертаций и две докторских.

***Научная школа доктора физико-математических наук,  
профессора А. Р. Регеля***

В 50-е годы прошлого столетия на факультете физики практически одновременно с физикой диэлектриков и полупроводников сформировалось еще одно научное направление, родоначальником которого стал *Анатолий Робертович Регель*.

Работая на кафедре общей физики с 1947 по 1960 год, А. Р. Регель основал в Педагогическом институте научное направление и научную школу по физике полуметаллов и узкозонных полупроводников. В 1957 году в 3-м корпусе физического факультета А. Р. Регелю были выделены помещения для научной рабо-

---

ты, в которых проводились комплексные исследования электрических свойств полупроводников, интерметаллических соединений и полуметаллов, причем не только в твердом, но и в жидком состоянии, а также при переходе из твердого состояния в жидкое. В 1960 году А. Р. Регель становится директором Института полупроводников. Несмотря на занятость, он не прерывает научных связей с Педагогическим институтом и активно содействует проведению ряда исследований (в частности, исследовалось поведение висмута и его сплавов под давлением).

Анатолий Робертович был прирожденным воспитателем и педагогом. Многие из студентов, выполнявших под его руководством экспериментальные курсовые работы (в том числе Г. А. Иванов), стали его аспирантами.

Первые исследования влияния легирующих примесей на электрические свойства поликристаллов висмута, выполненные выпускником научной школы А. Р. Регеля *Георгием Александровичем Ивановым*, положили начало изучению физических явлений в полуметаллах и их зонной структуры методом легирования донорными и акцепторными примесями.

Наиболее актуальным оказалось направление, связанное с исследованием физических свойств полуметаллов V группы: висмута, сурьмы и их сплавов. Промежуточное положение полуметаллов между полупроводниками и металлами, наличие у них одновременно свойств, присущих как типичным полупроводникам, так и типичным металлам, обеспечило возможность проведения широких исследований с установлением ряда фундаментальных закономерностей физики твердого тела. Доктор физико-математических наук, профессор Г. А. Иванов возглавлял кафедру общей и экспериментальной физики в течение 30 лет с 1961 по 1991 годы, руководил научной лабораторией полуметаллов и на базе этой лаборатории создал свою научную школу по физике полуметаллов и узкозонных полупроводников, в которой были подготовлены шесть докторов наук и 50 кандидатов наук.

В настоящее время научное направление и научную школу по физике полуметаллов и узкозонных полупроводников возглавляет *Владимир Минович Грабов* — доктор физико-математических наук, профессор, академик Международной термоэлектрической академии, основатель нового научного направления «Физика сильнонеравновесных термоэлектрических явлений», в рамках которого были подготовлены три доктора наук и 20 кандидатов наук.

Работами этой школы внесен существенный вклад в развитие физики кристаллизации кристаллов типа висмута, в изучение дефектообразования в этих кристаллах, явлений переноса, магнитных, тепловых, термоэлектрических явлений, плазменных и магнитоплазменных, оптических и магнитооптических явлений в кристаллах типа висмута, закономерностей энергетического спектра и процессов релаксации носителей заряда в полуметаллах и узкозонных полупроводниках.

В последние годы в РГПУ им. А. И. Герцена происходит становление еще одной научной школы по научному направлению «Физика материалов и компонентов твердотельной электроники», возглавляемой доктором физико-математических наук, профессором *Самуилом Давидовичем Ханиным*, работающим в РГПУ с 1994 года. В сферу научных интересов этой школы входят:

- 
- электронные и ионные процессы в структурно разупорядоченных и неоднородных диэлектриках;
  - электронные свойства бистабильных систем вблизи перехода «металл—диэлектрик»;
  - методика обучения физике конденсированного состояния в курсе общей физики и специальных физических дисциплин.

В рамках этого научного направления защищены две докторские и 10 кандидатских диссертаций.

О высоком научном уровне исследований современных научных школ по физике диэлектриков и полупроводников в РГПУ им. А. И. Герцена, о большом объеме научно-исследовательских работ свидетельствуют многочисленные публикации и активное участие сотрудников факультета в научных конференциях. Ежегодно преподаватели факультета физики публикуют более 200 научных работ. Так, в 2002 году преподаватели, студенты и аспиранты факультета приняли участие в работе 39 международных и всероссийских конференций, в 2004 году — в работе 57 конференций, в том числе в 34 международных.

В настоящее время факультет физики является организатором проведения двух международных конференций: «Физика в системе современного образования» и «Физика диэлектриков» и Всероссийской конференции «Физика полупроводников и полуметаллов».

*N. Anisimova*

**PHYSICS OF DIELECTRICS AND SEMICONDUCTORS  
AT HERZEN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY  
OF RUSSIA SCIENTIFIC SCHOOLS**

*The paper is devoted to professors M. S. Kosman and A. R. Regel — the founders of the scientific schools in Physics of Dielectrics and Semiconductors and to the contemporary schools formed on their basis at Herzen University.*