

## Актуальные проблемы полупроводниковых наносистем обсудили молодые ученые

Третья школа молодых ученых [«АППН-2021»](#) при поддержке Российского научного фонда прошла в Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН. Курс лекций прочитали ведущие исследователи ИФП СО РАН, Европейского исследовательского центра нанотехнологий «CIC nanoGUNE» (Испания), Сколковского института науки и технологий, Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Института кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Института радиофизики и физической электроники Омского научного центра СО РАН.

На практических занятиях школы участники познакомились со специализированным программным обеспечением обработки изображений, полученных на высокоразрешающем просвечивающем электронном микроскопе и узнали о возможностях диагностики наносистем с помощью атомно-силовой микроскопии.

*«Школа “Актуальные проблемы полупроводниковых наносистем” направлена на расширение кругозора молодых исследователей. При подготовке мероприятия мы просили каждого из лекторов школы построить сообщение, двигаясь от простого к сложному, чтобы обширный материал, который излагают ведущие ученые, признанные специалисты в своих областях, воспринимался легко. Можно сказать, что здесь происходит своеобразная “прививка” знаниями — позже, проводя собственные работы, вы вспомните полученную информацию, при необходимости дополните ее и сможете решить свою задачу»,* — отметил директор ИФП СО РАН академик РАН **Александр Васильевич Латышев** на открытии «АППН-2021», обращаясь к молодым ученым.

Говоря об актуальности исследования полупроводниковых наносистем Александр Латышев процитировал заведующего лабораторией физики низкоразмерных структур ИФП СО РАН, профессора Новосибирского государственного университета доктора физико-математических наук Дмитрия Харитоновича Квона: *«Многие выдающиеся открытия в физике последних десятилетий сделаны именно в полупроводниковых системах: достаточно вспомнить целочисленный и дробный квантовый эффект Холла, глубина и общезначимое значение которых таковы, что они демонстрируют абсолютно уникальное событие в истории Нобелевских премий. Две Нобелевских премии были присуждены за эффекты, иллюстрирующиеся одной и той же экспериментальной зависимостью.*

*Нельзя не вспомнить графен, который представляет собой первый двумерный полупроводник и так называемые топологические изоляторы являющиеся, с одной стороны, новыми разновидностями полупроводников, а с другой — реализацией новых квантовых состояний вещества. Сказанного выше, более чем достаточно, чтобы прийти к выводу, что современная физика полупроводников оказалась в начале XXI века актуальной физической дисциплиной с точки зрения как прикладной, так и фундаментальной физики».*

Профессор **Андрей Леонидович Чувиллин**, руководитель лаборатории электронной микроскопии Центра нанотехнологий nanoGUNE в городе Сан-Себастьян (Испания) высоко оценил научный уровень и качество организации школы. *«Подобные*

школы широко распространены в Европе, в частности, мы каждый год организуем “nanoGUNE Winterschool” по нанотехнологиям», — отметил он. — «Цель таких школ — познакомить молодежь с центром и привлечь таланты в аспирантуру. Поэтому характер лекций у нас более образовательный, чем на “АППН”, и больше времени уделяется практическим занятиям на оборудовании Центра. В этом смысле “АППН” выгодно отличается высоким научным уровнем лекций, которые знакомят молодежь с передним краем науки, с передовыми идеями и перспективами, с возможностями широкого спектра методов исследования.

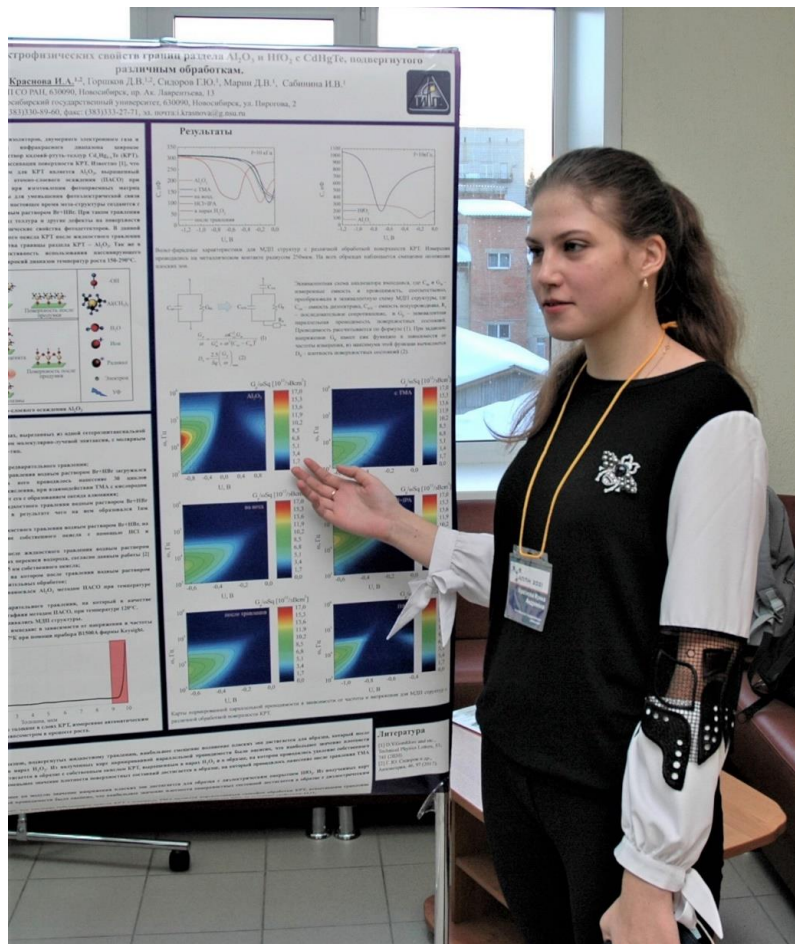
Так, в своей лекции я постарался дать обзор возможностей, которые предоставляет современная электронная микроскопия в исследовании полупроводников, с акцентом на специфическую проблему количественного измерения напряжений в кристаллах. Уверен, что большинство слушателей школы никогда не будут выполнять исследования на микроскопах, но будут иметь представление о том, какую информацию можно получить и смогут планировать свои работы исходя из этого». Исследователь добавил, что в настоящее время электронная микроскопия является ключевым методом в нанотехнологии вообще и технологии полупроводников, в частности, и качество работ, выполняемых в ИФП СО РАН, в большой степени обусловлено высоким профессиональным уровнем лаборатории электронной микроскопии Института, которая функционирует во многом благодаря Александру Васильевичу Латышеву.

Член программного комитета школы, старший научный сотрудник лаборатории № 20 ИФП СО РАН кандидат физико-математических наук **Сергей Васильевич Ситников** добавил, что, определяя программу «АППН-2021», организаторы старались построить курс лекций так, чтобы молодые ученые получили представление о «cutting edge science» — передовой науке и методах исследования в области низкоразмерных систем от ведущих ученых, руководителей научных групп, направлений:

*«Из лекционной программы “школьники” узнали об актуальных исследованиях, которые проводятся в ИФП СО РАН, в других научных центрах, о методах изучения атомного строения наноструктур, атомных процессов на поверхности и в объеме кристаллов при формировании наноструктур, познакомились с возможностями современного оборудования для исследования структуры и свойств вещества».*

Сергей Ситников подчеркнул, что в программе школы этого года выделен отдельный блок, посвященный численному моделированию процессов образования полупроводниковых наноструктур, методам расчетов электронных свойств наносистем.

Во время мероприятия молодые ученые не только слушали более опытных коллег, но и представили собственные исследования на стендовой сессии: каждый докладчик делал двухминутный анонс своей работы, излагая основные тезисы. Такая практика — отличительная черта «АППН», позволяющая «школьникам» потренировать умение кратко формулировать суть работы и выступать публично.



*«Меня очень порадовали доклады студентов 4-го курса: Вергулес Александры, Захожева Константина и Сарыпова Даниила. Ребята — молодцы, физика глубокая и интересная, — комментирует инженер ИФП СО РАН, магистрант 2 курса физического факультета НГУ Данияр Азаматович Худайбердиев. — В теоретическом курсе школы самым увлекательным для меня был рассказ Андрея Леонидовича Чувиллина о количественных методах в электронной микроскопии. Для меня эта тема не самая близкая, поэтому демонстрация того, какой в мире бывает мощный*

инструментарий, произвела впечатление — если использовать метафору, то микроскоп не просто дорогая “линейка”, а многофункциональный прибор, позволяющий изучать красивые физические явления в твердых телах и не только. Еще я бы отметил доклад заведующего лабораторией физики и технологии гетероструктур ИФП СО РАН, профессора НГУ д.ф.-м.н. Олега Евгеньевича Терещенко о фотозмиссии со спиновым разрешением. Мне было полезным узнать, какие методы изучения электронного спектра доступны в нашем институте сейчас, и, возможно, станут доступны в ближайшем будущем».

Для Данияра — это вторая «АППН»: «Я присутствовал на первой школе, которая проходила в 2019 г. А в прошлом году не стал участвовать, т.к. формат вынужденно был дистанционным. Сейчас школа прошла в смешанном формате, у которого есть и плюсы, и минусы: мне было удобно, что я мог слушать доклады удаленно, когда требовалось уходить в лабораторию (где продолжался эксперимент). С другой стороны, когда большая часть участников — онлайн, теряется масштаб школы, каким он был в 2019 году», — объяснил исследователь.

**Александра Игоревна Вергулес**, студентка 4-го курса физического факультета НГУ, выполняющая дипломную работу в лаборатории №20 ИФП СО РАН отметила:

«Для меня самыми интересными стали доклады члена-корреспондента РАН заместителя директора Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН Александра Александровича Саранина про свойства двумерных металлов атомной толщины; заведующего лабораторией ИФП СО РАН д.ф.-м.н. Олега Евгеньевича Терещенко о методе фотозмиссии с угловым и спиновым разрешением (ARPES). Этот метод недавно начал полноценно функционировать в нашем институте. Он позволяет получать информацию о зонной структуре и поляризации электронов исследуемых материалов. Также Олег Евгеньевич рассказал о планах работы на станции синхротрона "СКИФ", на которой можно будет изучать твёрдые тела методом ARPES. Кроме того, мне понравился доклад старшего научного сотрудника Института геологии и минералогии СО РАН к.г.-м.н. Константина Александровича Коха о выращивании кристаллов методом Бриджмена, о проблемах, с которыми Константин Александрович и его группа сталкивались, и как они их решали».

Наиболее полезным для Александры стало сообщение научного сотрудника Сколковского института науки и технологий к.ф.-м.н. Сергея Сергеевича Косолобова: «Доклад С.С. Косолобова касался темы моей исследовательской работы. Ученый рассказывал о диффузии и атомных процессах на поверхности, об адатомах и вакансиях, которые являются ключевыми понятиями в теории Бартона, Кабреры и Франка, и вкладе сотрудников нашего института (а именно, лаборатории № 20) в понимание механизмов явлений, происходящих на поверхности кристалла при высоких температурах — около 900°C и выше».

Научный сотрудник Томского государственного университета кандидат физико-математических наук **Виктор Васильевич Копьев** участвовал в школе дистанционно. Область научных интересов Виктора — полупроводниковая электроника и оптоэлектроника, в частности, структуры с квантовыми ямами на основе полупроводников  $A_3B_5$ , светодиодные структуры, структуры на основе арсенида галлия с глубокими примесными уровнями, лавинные диоды, полупроводниковые лазеры, лидары, импульсная техника.

«Это вторая конференция с моим участием, я был на первой “АППН» в 2019 году. Школа, проведенная полностью в очном формате, мне понравилась больше,

*остались только лучшие впечатления — как будто побывал на отдыхе. В смешанном формате удобно то, что если участник из другого города (как я), и произошла накладка [с поездом], то поучаствовать все же можно.*

*Наиболее интересным и полезным для меня был доклад Андрея Леонидовича Чувиллина», — говорит Виктор Копьев.*

Председатель программного комитета «АППН-2021» директор ИФП СО РАН академик Александр Латышев выразил благодарность Российскому научному фонду за поддержку школы и добавил, что проведение мероприятия планируется и дальше. Школа молодых ученых «Актуальные проблемы полупроводниковых наносистем» осуществляется в рамках проекта [РНФ № 19-72-30023](#) «Физико-химические основы создания функциональных полупроводниковых наносистем».

Пресс-служба ИФП СО РАН  
Автор фото: Владимир Трифутин

Фотографии по ссылке  
<https://drive.google.com/drive/folders/15AcpHXRhcqhdKik-1DA1OPEe85Y4Huyk?usp=sharing>