

Предисловие, посвящённое профессору В.М. Арутюняну

В 2019 г. исполняется 100 лет со дня основания Ереванского государственного университета – ведущего научного и учебного учреждения Республики Армения. В декабре 1977 г. кафедру физики полупроводников и находящуюся в её составе проблемную лабораторию возглавил Владимир Михайлович Арутюнян, приглашённый на работу в университет из Института радиофизики и электроники Академии наук Армянской ССР после защиты докторской диссертации. Сегодня на кафедре работают 5 докторов наук (профессора), а также кандидаты физико-математических наук и ассистенты, на первых курсах физического и радиотехнического факультетов преподают высококвалифицированные преподаватели. Около 20 штатных сотрудников научно-исследовательского центра и сотрудники кафедры вовлечены в работу коллектива. Здесь ежегодно ведётся обучение 25 студентов: 12 студентов готовятся для крупной американско-армянской компании Synopsis, а также 10 для военно-промышленного комплекса.

НИИ в СССР велись в рамках бюджета Армении по заданиям Государственного комитета по науке и технике СССР и предприятий Министерства электронной и оборонной промышленности. О высоком уровне проведённых работ свидетельствуют отзывы выдающихся советских учёных Нобелевских лауреатов Н. Семёнова и Ж. Алфёрова, академиков Я. Колотыркина, Н. Девяткова, Ю. Пожела, К. Замараева, В. Стафеева, А. Тагера, М. Шейкмана.

После распада СССР финансирование науки осуществлялось из республиканского бюджета и за счёт 24 зарубежных грантов, в частности: ISTC, IPP, CRDF, ANSEF, ИНТАС, НАТО, ДААД, Docmen, SCOPE. Это позволило значительно обновить технологическое и измерительное оборудование Центра полупроводниковых приборов и нанотехнологий и лаборатории, закупить необходимые материалы, провести актуальные исследования, создать на собственной материально-технической базе новые приборы и материалы. Сотрудники кафедры и центра являются авторами около 600 научных работ и около 60 патентов (Армения, Россия, США, Франция). Совместно с зарубежными коллегами после различных международных конференций опубликовано 100 докладов. Среди наших соавторов – крупные учёные профессора Н. Hartnagel, Н. Tributsch, К. Schiebaum, М. Schoening, Т. Voeck, М. Schultze, О. Marquardt, А. Poghossian (Германия); В. Joost, L. Forro (Швейцария); М. Vrnata (Чешская Республика); Р. Soukiassian, С. Levy-Clement (Франция); К. Hernady (Венгрия); С. Granquist (Швеция); J. Turner, К. Touryan, В. Zeldovich, N. Tabiryan, М. Wanlass, L. Kish (США); L. Pavesi, F. Decker, М. Ghoolinian (Италия); Н. Wang (Китай); Ю. Плеасков, А. Кокорин, Ю. Шмарцев, Л. Голубев, В. Беляев (Россия); А. Кулак (Республика Беларусь) и др.

В Армении было проведено 17 всесоюзных и международных конференций. У армянских коллег с кафедры и из центра свыше 3 000 цитирований. Получены 2 премии Президента Республики Армения в области науки. За последние 10 лет были защищены 3 докторские и 11 кандидатских диссертаций.

В ЕГУ проводятся исследования по следующим направлениям: физика полупроводников; явления на границах разделов полупроводник/газ, полупроводник/электролит и полупроводник/жидкий кристалл; разработка, изготовление и исследование полупроводниковых материалов и тонких плёнок; газовые и инфракрасные полупроводниковые сенсоры; фотоэлектрохимическое и фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии; квантовые эффекты в A_3B_5 полупроводниках.

Кратко остановимся на результатах проведённых исследований.

Фотоэлектрохимическая генерация водорода на металлооксидных фотоэлектродах

- значительное увеличение эффективности преобразования солнечной энергии в водород при отклонении от стехиометрии окислов TiO_{2-x} , ZnO_{1-x} , Fe_2O_3 и др. и соответствующем легировании их примесями;
- новые твёрдые растворы окислов с запрещённой зоной, близкой к максимуму спектра солнца, и матрицы из электродов;
- выход водорода 7 л/час на установке с линзами Френеля и оксидными электродами (размеры установки, мм: 3 600 × 2 300 × 300);

ЕГУ был ведущей организацией в части по фотоэлектрохимическому преобразованию солнечной энергии Государственной целевой программы Госплана, ГКНТ и АН СССР.

Газовые полупроводниковые сенсоры

Разработка различных газовых сенсоров в ЕГУ ведётся в течение 30 лет.

- сенсоры из недорогих оксидов металлов: SnO_2 , ZnO , TiO_2 , Bi_2O_3 , Fe_2O_3 , их композитов, тонких плёнок, легированных углеродными нанотрубками, и из пористого кремния.
- теоретические основы физико-химических процессов, протекающих в таких газочувствительных структурах, в том числе с помощью теории функциональной плотности.

Сенсоры адсорбционного типа основаны на изменении их электрического сопротивления и спектральной плотности шумов при контакте с газом. Достоинства таких полупроводниковых сенсоров заключаются в их



большой чувствительности (отклик), селективности, в меньшей потребляемой электрической мощности, простой конструкции и низкой стоимости. Газочувствительные свойства полупроводниковых сенсоров напрямую зависят от используемых и предлагаемых в ЕГУ новых методов и режимов их изготовления. Уменьшение размеров наночастиц в полупроводнике и его пористости ведёт к увеличению эффективной площади для адсорбции газов, а ниже определенного критического размера нанокристаллита чувствительность газового наносенсора резко возрастает.

В рамках гранта НАТО были впервые разработаны малогабаритные полупроводниковые сенсоры нервно-паралитических газов химического оружия (зарин, иприт). Испытания были проведены в Военной академии Чехии.

Сенсоры, разработанные в ЕГУ, селективно чувствительны к угарному газу, парам водорода, спиртов, толуола, ацетона, аммиака, окислов азота, изобутана, H_2S , горючих газов, пероксида водорода, пропана, пропилен гликоля, формальдегида, диметилформамида, дихлорэтана, газолина и к дыму, возникающему на ранних стадиях пожара.

Коммерческие сенсоры этих газов (кроме сенсоров военных, ядовитых и ряда промышленных газов) выпускаются в США, Японии, Китае, России и Германии. Сенсоры ЕГУ стабильны во времени, меньше по объёму, легко совместимы с интегральными схемами и имеют более низкую стоимость. Независимое тестирование некоторых сенсоров в США и Чехии подтвердило их перспективность.

Квантовые солнечные элементы и антиотражающие покрытия

– увеличение КПД преобразования элементов за счёт отражения света менее 5 % в области 400–800 нм в кремниевых солнечных элементах, покрытых двумя слоями из пористого кремния, оксинитрида кремния или алмазоподобного углерода;

– теория p и n -наноструктурных солнечных элементов с квантовыми точками с высоким КПД преобразования солнечной энергии в электрическую (произведены в Японии);

– варизонные фотодиоды и позиционно-чувствительные фотодетекторы, выращенные методами жидкостной и электрожидкостной эпитаксии из A_3B_5 полупроводников;

– n -InAs/ p -InAsSbP диодные гетероструктурные с эллипсоидальными и линзообразными квантовыми точками, квантовыми кольцами, кооперативными цепями и молекулами с фотооткликом в ИК-диапазоне при комнатной температуре.

Граница раздела жидкий кристалл/полупроводник

- исследование таких структур;
- фотоориентированный рост жидкокристаллических полимеров;
- создание оптических элементов на их основе (для потери фазы, поляризационных дифракционных решёток, элементов с более сложными геометрическими фазами, пространственных модуляторов и др.);
- создание принципиально нового спектрополяриметра.

Сотрудники, внесшие заметный вклад в полученные в ЕГУ научные результаты

- ведущие авторы: В. Аракелян, К. Гамбарян, А. Маргарян, Ф. Гаспарян, Г. Шахназарян, С. Мелконян, З. Адамян, М. Алексанян, А. Саюнц, В. Арутюнян;
- уже неработающие в ЕГУ: А. Саркисян, С. Петросян, В. Буниатян, А. Ваганян, Ж. Паносян, В. Геворкян, Х. Мартиросян, А. Адамян, Г. Абовян, Т. Вардапетян;
- ушедшие из жизни: З. Мхитарян, Р. Барсемян, В. Заргарян, А. Аракелян.

Сотрудничество ЕГУ с Международным журналом «Альтернативная энергетика и экология» началось около 14 лет назад. В журнале опубликовано 5 работ, выполненных в ЕГУ. Особый интерес вызвал обзор по водородным сенсорам, написанный В. Арутюняном (61 ссылка). 4 сотрудника ЕГУ приняли участие в работе Международного конгресса по альтернативной энергетике и экологии, организованного журналом в 2006 г. В частности, В. Арутюнян был сопредседателем Оргкомитетов первого и второго Всемирных конгрессов по альтернативной энергетике и экологии в России (2006 г., 2010 г.), где был награждён медалью «За вклад в мировую науку».

Декан факультета радиофизики ЕГУ
Профессор Х. Неркарарян

