

СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Ельцов Анатолий Викторович, доктор педагогических наук, профессор кафедры общей и теоретической физики и методики преподавания физики ФГОУ ВПО "Рязанский государственный университет имени С.А.Есенина"

✉ a.eltsov@rsu.edu.ru

Мурзин Сергей Васильевич, старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники ФГОУ ВПО "Рязанский государственный университет имени С.А.Есенина"

✉ s.mursin@rsu.edu.ru

Ключевые слова: физика, полупроводник, электроника, транзистор, интегральная технология, микросхема

Широкое применение электроники во всех сферах жизнедеятельности человека оказывает огромное влияние не только на его образ жизни, но и определяет современное состояние общества, возможности его будущего развития. Достижения в области электроники способствуют повышению эффективности научных исследований, успешному решению сложнейших научно-технических задач, разработке прогрессивных технологий, получению новых материалов с уникальными свойствами, созданию новых видов приборов и систем управления, совершенствованию процессов получения, сбора и обработки информации.

Электроника – это достаточно сложная научно-техническая отрасль, изучающая явления взаимодействия электронов и других заряженных частиц с электромагнитными полями. В электронике выделяются несколько основных направлений ее развития, это: вакуумная, твердотельная и квантовая электроника. Вакуумная электроника занимается исследованием и созданием электровакуумных приборов. Твердотельная электроника решает задачи, связанные с изучением свойств твердотельных полупроводниковых и диэлектрических материалов. Основными направлениями твердотельной электроники являются полупроводниковая электроника и микроэлектроника. Квантовая электроника занимается решением вопросов, связанных с созданием оптических квантовых генераторов и т.п. [1].

Результаты достижений в области электроники получают свое воплощение в виде различных по своему функциональному назначению дискретных и интегральных компонентов электронных схем, и созданием на их основе различных видов аппаратуры, систем и комплексов для решения сложнейших задач во всех сферах деятельности человека. Средства электронной техники стали неотъемлемой частью сложных приборов и устройств самого широкого назначения. Электронная цифровая техника выступает основой и способом функционирования любого современного обо-

рудования во всех производственных отраслях и в быту. С электроникой интегрируется продукция практически всей мировой экономики [2]. Благодаря значительным успехам в такой научной отрасли как микроэлектроника, произошел скачок в развитии информационных технологий. Электроника погружает нас в мир информационных систем и систем связи, высокопроизводительных средств вычислительной техники, автоматизированных систем управления производством, систем искусственного интеллекта. Широкое использование различных, по своему функциональному назначению, средств электронной техники стало естественным и неотъемлемым условием нашей жизни. В свою очередь новые методы и средства электроники открывают возможность более глубокого изучения свойств многочисленных веществ, существующих в природе, позволяют глубже познать строение материи, приближают нас к более правильному пониманию закономерностей материального мира [3].

Зарождению электроники как научно-технической и производственной отрасли предшествовали многие научные и опытные работы в области физики, а именно, работы по исследованию электрических явлений, уходящие по времени своими корнями в глубину XVIII века. Началом закладки фундамента физики как науки, послужили работы ученых-физиков, это были первые опыты с электричеством, выполненные академиками М. Ломоносовым и Г. Рихманом. Результатом таких исследований явилось создание общей теории для целого ряда электрических явлений в природе [4, 5].

В начале XIX века теоретические исследования и опытные работы в области электричества продолжил профессор В. Петров, его работы положили начало серии исследований по электропроводимости газов. Фундаментальным открытием В. Петрова было получение электрической дуги в воздухе между двумя угольными электродами. Позднее, в середине XIX века, над исследованием дуги и практическим ее применением работали: П. Яблочков, В. Чиколев, Н. Славянов. Весомым вкладом в понимании явления газового разряда были работы английского ученого Д. Томсона, открывшего существование электронов и ионов. Лаборатория, созданная Д. Томсоном, явилась научной школой для таких физиков исследователей как Э. Резерфорд, О. Ричардсон, У. Крукс. Выполняя фундаментальные работы по изучению электрических явлений, эта школа внесла огромный вклад в развитие физики как науки, и в частности, одного из ее направлений – электроники [5].

Результатом исследовательских работ А. Лодыгина явилось изобретение угольной лампы накаливания. Американский физик Т. Эдисон, продолжая различные эксперименты с угольными лампами накаливания, устанавливает факт испускания электронов раскаленными металлами в вакууме и в газах, данное явление было названо термоэлектронной эмиссией.

В середине XIX века немецкий физик Г. Герц, экспериментируя с открытым им электромагнитным полем, обнаруживает явление фотоэффекта, эти исследования продолжает А. Столетов, он проводит цикл работ по изу-

чению внешнего фотоэффекта, а так же ведет исследовательские работы в области электромагнетизма.

С середины XVIII века и на протяжении практически целого столетия теоретические исследования и экспериментальные работы различной направленности в области электричества взаимно дополняли друг друга, обогащали научные познания об электрических явлениях и таким образом, в совокупности своей создавали научный фундамент основ электроники [5].

Начальным этапом развития электроники явилось открытие во второй половине XIX века немецким ученым К. Брауном выпрямительного эффекта в контакте металл–полупроводник. Использование этого эффекта русским изобретателем А. Поповым для детектирования радиосигнала позволило ему создать первый радиоприемник. В 1895 г. А. Попов выступил с докладом и демонстрацией своего изобретения на заседании физического отделения русского физико–химического общества в Петербурге. Чуть позже независимо от А. Попова американский инженер Г. Пикард так же исследует явления в области контакта металлов с кристаллическими материалами, результатом его работы явилось устройство демодуляции высокочастотного переменного тока при приеме радиоволн. Чуть позже физик О. Лосев разработал и изготовил кристаллические полупроводниковые детекторы, продемонстрировал возможность усиления и генерирования колебаний с помощью таких устройств [1, 4].

Исследования и результаты опытных работ ученых физиков находят свое практическое отражение в жизни общества. Очевидные результаты физических исследований, их практическая значимость и важность заставили обратить на себя внимание и заявить о необходимости поддержки и продолжения работ по изучению электрических явлений.

Следующие этапы развития электроники относят к началу XX века, когда английский ученый Д. Флеминг сконструировал электровакуумный диод, обладающий односторонней проводимостью, это свойство позволило его использовать для выпрямления переменного тока. Американский инженер Л. Форест усовершенствовал изобретение Д. Флеминга, и создал первую трех электродную электронную усилительную лампу – триод. Ее свойства как прибора для усиления и генерирования высокочастотных колебаний обусловили развитие радиосвязи. С 1913 г. стало быстро развиваться производство электронных ламп, ближайшее десятилетие явилось периодом резкого развития вакуумной электроники. В России созданием электронных ламп и организацией их производства занимался В. Бонч-Бруевич. В это же время немецкий инженер А. Мейснер разработал схему лампового регенеративного приемника и с помощью триода получил незаглушающие гармонические колебания, что практически решило проблему радиотелефонии. В последующие годы были созданы электронные лампы, позволяющие генерировать и усиливать колебания очень высоких частот. Эти достижения электровакуумной техники обусловили развитие таких отраслей как радионавигация, радиолокация, импульсная многоканальная связь. В 1931 г. В. Зворыкин создал передающую трубку, которая сделала

возможным развитие электронных телевизионных систем. В 1933 г. П. Шмаков и П. Тимофеев усовершенствовали передающие трубки, что позволило реализовать телевизионную трансляцию.

Последующий этап развития электроники, это период создания и внедрения дискретных полупроводниковых приборов, начавшийся с изобретения точечного транзистора американскими учеными Д. Бардином и У. Браттейном в 1947 г. и последующего его усовершенствования У. Шокли (Нобелевская премия по физике за 1956 г. за открытие транзисторного эффекта).

Появление транзисторов – это результат кропотливой работы десятков выдающихся ученых и сотен виднейших специалистов, которые в течение предшествующих десятилетий развивали науку о полупроводниках. Среди них были не только физики, но и специалисты по электронике, физической химии, материаловедению. Начало первых исследований относится к 1833 году, когда М. Фарадей обнаружил, что проводимость некоторых материалов растет с повышением температуры, в противоположность проводимости металлов, которая в этом случае уменьшается. В результате последующих исследований были установлены такие важные свойства полупроводников как: появление ЭДС при освещении полупроводника; рост электрической проводимости полупроводника при освещении; выпрямляющее свойство контакта полупроводника с металлом. Важную роль в развитии теории полупроводников в начале 30-х годов сыграли работы, проводимые в России под руководством академика А. Иоффе. Большой вклад в исследование полупроводников внесли советские ученые – Б. Курчатов, В. Жузе и др. В своих работах они показали, что величина и тип электрической проводимости определяется концентрацией и природой примеси. В 1931 г. создана теоретическая модель полупроводника (основы зонной теории полупроводников). В 1938 г. Н. Мотт в Англии, А. Давыдов в СССР, В. Шоттки в Германии сформулировали, независимо друг от друга, теорию выпрямляющего действия контакта металл-полупроводник. Таким образом, исследования в области физики полупроводников, позволили получить совершенно неожиданный с точки зрения классической физики результат - наличие в твёрдом теле энергетических зон (областей) разрешённых и запрещённых состояний электрона. Появились понятия «дырка», «свободный электрон». Нашло объяснение деление твердых тел с точки зрения их электропроводности на проводники, полупроводники и диэлектрики. Полупроводники разделились на два класса: электронные, в которых основными переносчиками заряда являются электроны (полупроводники n-типа), и дырочные (p-типа), перенос заряда реализуется дырками). Контакт двух полупроводников разного типа проводимости получил название p-n перехода, к электронике добавляется название полупроводниковая, твердотельная [6, 7]. Эта обширная программа исследований, выполняемая учеными разных стран, и привела к экспериментальному созданию сначала точечного, а затем и плоскостного транзистора.

В 1948 г. фирма «Bell Telephone» впервые изготовила и показала точный германиевый транзистор и усилитель на его основе. Следующим шагом в полупроводниковой электронике явилось создание в 1954 г. кремниевого транзистора (компания «Texas Instruments») [8, 9]. Ранее был предложен полевой (Лилиенфельд, 1928 г.) или МОП- транзистор (МОП - металл-окисел-полупроводник), но его реализация из-за несовершенства границы раздела окисел - полупроводник оказалась отложенной на три десятка лет. Именно этому транзистору будет принадлежать в будущем основное место в интегральных схемах. В 1956 г. Тешлер разработал полевой транзистор с р-п переходами, а в 1960 г. начался их выпуск [8]. Таким образом, большинство задач, которые решались с использованием вакуумных приборов, могли быть реализованы на основе полупроводниковой электроники. Промышленность начала освоение выпуска полупроводниковых приборов различных типов и назначения, развивалась и совершенствовалась технология их изготовления, появились транзисторы сплавного и диффузионного типов, обладающие высокими эксплуатационными параметрами [10, 11].

Первыми транзисторами, выпущенными отечественной промышленностью были точечные транзисторы. По мере развития полупроводниковой промышленности происходило освоение новых типов транзисторов. Дальнейшее развитие шло по пути совершенствования как сплавных, так и диффузионных транзисторов, а так же созданию и освоению новых методов их изготовления. С появлением биполярных и полевых транзисторов начали воплощаться идеи разработки малогабаритных ЭВМ. Увеличение производительности и универсальности вычислительных машин требовало усложнения их функциональных узлов, что приводило к резкому возрастанию количества используемых транзисторов и проблеме их безошибочной распайке на монтажной плате. Проблема качества монтажно-сборочных работ стало основной проблемой изготовителей при обеспечении работоспособности и надежности сложных электронных устройств. Решение проблемы межсоединений явилось предпосылкой к появлению нового направления в электронике - микроэлектроники. Пробразом будущих микросхем послужила печатная плата, в которой все одиночные проводники объединены в единое целое и изготавливаются одновременно групповым методом путем травливания медной фольги с плоскости фольгированного диэлектрика [12].

В 60-е годы огромные усилия исследователей были направлены на разработку технологий, обеспечивающих получение рисунка тонких слоев из материала с различными электрическими характеристиками для получения плоской электронной схемы. Такая технология была разработана, и получила название - планарной. Важная особенность планарной технологии заключается в ее групповом характере: все интегральные схемы (ИС) на пластине изготавливают в одном технологическом цикле, что позволяет одновременно получать несколько полупроводниковых схем.

В 1960 году Роберт Нойс из фирмы Fairchild предложил и запатентовал идею монолитной интегральной схемы (Патент США 2981877) и, применив планарную технологию, изготовил первые кремниевые монолитные интегральные схемы. В монолитной интегральной схеме планарные диффузионные биполярные кремниевые транзисторы и резисторы соединены между собой тонкими и узкими полосками алюминия. Таким образом, был заложен фундамент развития интегральных микросхем, сначала на биполярных транзисторах, а затем 1965–85 гг. на полевых транзисторах и их комбинациях [13].

В 1968 г. Г. Мур и Р. Нойс, Э. Гроув для реализации идеи по созданию новых видов электронных приборов за счет использования высокой степени интеграции электронных компонентов организуют предприятие Intel. На предприятие были привлечены специалисты по физике твердого тела, химии, схемотехники. Годы упорного труда молодых ученых принесли результаты, Intel наладило производство микропроцессоров для персональных компьютеров. Особое значение для массового производства микросхем представляет метод проектирования микросхем, основанный на законе масштабирования. Суть его заключалась в том, что при уменьшении геометрических размеров транзистора, не наблюдалось ухудшения его вольтамперных характеристик, что позволяло повышать степень интеграции микросхем [13, 14]. С 1970 г. по 1985 г. количество размещаемых транзисторов на кристалле возросло с 10^2 до 10^7 . Разработанные технологии обеспечивают не только высокую степень интеграции, но и высокое быстродействие, надежность, малое энергопотребление. За интегральными микросхемами закрепилось название микроэлектронные устройства. Освоение технологий массового выпуска сложных изделий микроэлектроники позволило снизить их стоимость и тем самым обусловило появление первых персональных компьютеров [14].

Электроника находится в стадии интенсивного развития, для неё характерно появление новых областей и создание новых направлений в уже существующих областях. Примером тому являются научные работы Н. Басова, А. Прохорова и Ч. Таунса по созданию квантовых генераторов, положивших начало развитию нового направления электроники – квантовой электроники [15]. Квантовая электроника, это наука, которая изучает способы генерации и усиления вынужденного электромагнитного излучения в квантовых системах, занимается теорией и разработкой различных устройств, действие которых основано на использовании этого излучения и на нелинейном взаимодействии излучения с веществом. К таким устройствам, кроме квантовых генераторов (в том числе лазеров), относятся усилители и преобразователи частоты электромагнитного излучения, а также квантовые усилители СВЧ (сверхвысокой частоты), квантовые магнитометры и стандарты частоты, лазерные гироскопы и т. д. [16].

Ведутся теоретическая проработка и экспериментальные исследования в направлении создания квантовых компьютеров, в которых обработка информации осуществляется на основе квантовых состояний вещества. Есть

основания предполагать, что квантовые компьютеры пополнят парк вычислительных машин и позволят решать те задачи, которые для обычных компьютеров практически невыполнимы [15, 16].

Еще одним сравнительно новым направлением в электронике является функциональная микроэлектроника. Она основана на разработке и изготовлении непрерывных сред из различных материалов, обладающих заданными свойствами и обеспечивающих создание устройств определённого функционального назначения. В изделиях функциональной электроники имеет место физическая интеграция элементов и частей устройств в отличие от технологической интеграции на основе простых элементов: транзисторов, диодов, конденсаторов, резисторов. В этих изделиях используются как поверхностные свойства материалов и свойства границ раздела, так и объёмные. В изделиях функциональной микроэлектроники применяются не только полупроводники, но и другие материалы, обладающие фотопроводящими и магнитными свойствами, а также сверхпроводники. Помимо электропроводности используются ультразвуковые колебания, оптические и магнитные явления в полупроводниках и диэлектриках [17, 18].

Вторая половина XX столетия характеризуется качественным изменением практически всей мировой экономики, и это все происходит благодаря развитию полупроводниковой электроники. Сегодня экономическое благосостояние развитых стран базируется, прежде всего, на наукоемких технологиях, где одно из первых мест занимают микроэлектроника и на ее основе - информационные технологии.

По мере развития электроники и совершенствования технологии производства электронных приборов расширяются области использования достижения электроники во всех сферах жизни и деятельности людей, возрастает роль электроники в ускорении научно-технического прогресса.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электроника: Энциклопедический словарь /Гл. ред. В. Г. Колесников, - М.:Сов. энциклопедия, 1999.
2. Алфёров Ж.И. Физика и жизнь. СПб.: Наука,2000; Нобелевская лекция. – УФН, 2002, т.172, №9
3. Материалы I международной конференции "Роль микроэлектроники в развитии экономики России", Москва, 2007.
4. Малютин А. Е., Филиппов И. В. История электроники М.: Электронный учебник — РГРТА, 2006.
5. Материалы электронного ресурса <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
6. Смит Р. Полупроводники. Пер. с английского. М. 1982.
7. Марголин В.И., Жабров В.А., Тунин В.А. Физические основы микроэлектроники. – М.: Академия, 2008.
8. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Пер. с английского. М. 1984.
9. Жеребцов И. П. Основы электроники. Л. Энергоатомиздат.1988.

10. Ефимов Н.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. – М.: Лань, 2008.
11. Материалы электронного ресурса <http://rudocs.exdat.com>.
12. Митрофанов О.В., Симонов В.М., Коледов Л.А. Физические основы унифицирования изделий микроэлектроники. Микроэлектроника. М.: Высшая школа, 2007.
13. Основы проектирования и технологии интегральных схем. Пер. с английского под ред. К. И. Мартюшова. М. 1970.
14. Гуртов В.А. Твердотельная электроника. - М.: Физ. мат лит, 2005.
15. Валиев К.А., Кокин А.А. От кванта к квантовым компьютерам // Природа. 2008. №12.
16. Валиев К.А.. Квантовые компьютеры. Электроника, №3. 1999.
17. 51. Илай М. Ноум. Успехи электроники и неопределенное будущее университетов Илай //Science, 2005.
18. Таунс Ч., Квантовая электроника и технический прогресс (Проблема планирования и исследовательской работы)// УФН, 1969, т. 98.