

О РАЗВИТИИ ЭЛЕМЕНТНОЙ И КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ЭВМ

Деркач В.П., Моралев С.А.

г. Киев, Украина

Виктор Михайлович Глушков, которому 24 августа этого года исполнилось бы 75 лет, глубоко понимал значение развития элементной и конструктивно- технологической базы ЭВМ. Еще при создании Вычислительного центра АН.

УССР в 1957 году в его составе был предусмотрен отдел элементов, а спустя 5 лет, в преобразованном из ВЦ Института кибернетики появился еще и отдел физико-технологических основ кибернетики с задачей разработки новых физических принципов построения разнообразных устройств вычислительной техники и технологий их производства.

Наши научно-исследовательские работы в течение всего времени велись в тесной взаимосвязи с предприятиями отраслей народного хозяйства бывшего СССР, и прежде всего с НИИ и заводами Министерства электронной промышленности. Первым шагом было изучение возможностей использования явления электролюминесценции. В результате разработаны твердотельные плоские знаковые индикаторы, мнемосхемы, многофункциональные электролюминесцентные панели, многоэлементные матричные и мозаичные экраны, табло коллективного пользования и другие устройства. Уже в 1962 г. была изготовлена и испытана одна из первых в стране электролюминесцентная мнемосхема, работавшая на Днепродзержинском металлургическом заводе в составе машины «Днепр», управляющей процессом выплавки стали. Впоследствии такого типа экраны были созданы и применялись в машинах «Киев-67», «Киев-70», «Оптима», «АСОР», «Синтаксис», «Львов», «Полет» и мн. др. Созданные в Институте кибернетики многоэлементные отображающие экраны отличались компактностью конструкций, хорошим качеством изображений, высокой надежностью, удовлетворяли самым строгим требованиям технической эстетики. Практика показала, что их применение значительно улучшало внешний вид машин, пультов управления, облегчало работу операторов, способствовало повышению производительности его труда и эффективности использования аппаратуры. На отечественных и международных выставках, например, к экспонируемым нашим машинам «Киев-67» и «Киев-70», о которых пойдет речь ниже, оснащенным такими устройствами отображения, зарубежные фирмы, как правило, проявляли большой интерес.

Нами предложены экраны с внутренним запоминанием высвечиваемой информации и экраны для диалога человека с машиной, позволяющие оператору не только наблюдать, но и быстро стирать с помощью «электронного карандаша» подправлять и записывать новые изображения, оперативно обмениваясь информацией с ЭВМ. Исследованы также возможности

применения электро-люминесценции для преобразования информации, в результате чего показана перспективность электронных схем, использующих кроме электромагнитного и оптическое взаимодействие электролюминесцентных излучений с фотопроводниками и фоторезисторами. Это были одни из первых в Союзе работы, которые привлекли внимание к себе специалистов и послужили толчком к развитию оптоэлектроники, сформировавшейся ныне как одно из самостоятельных научно-технических направлений. Результаты этих работ обобщены в вышедшей в г. монографии «Электролюминесцентные устройства» [1], которая до сих пор является единственной в научно-технической литературе, специально посвященной электролюминесцентным приборам, и используется в учебных курсах ВУЗов.

На основе анализа разнообразных физических явлений и эффектов, пригодных для плоских отображающих экранов, выработана классификация устройств отображения информации [2], рассмотрены вопросы структурной организации твердотельных панелей, показано, что одним из перспективных направлений создания таких экранов методами интегральной технологии является использование оптоэлектронных принципов коммутации элементов изображения, обеспечивающих возможность запоминания возбужденного состояния этих элементов и применение экономных методов их выборки. Изучены задачи оптического согласования коммутаторов с преобразователями изображения.

Изобретены выгодные методы создания газоразрядных индикаторных панелей с низким уровнем управляющих напряжений, проанализированы условия применения жидких кристаллов, выявлены их возможные характеристики. Показано, что потребляемая мощность последних выгодно отличается от других существовавших в то время устройств отображения (10^{-1} – 10^{-8} мвт/см²), естественные времена включения лежат в пределах от 10^2 до 10^{-5} мс, времена выключения – от $2 \cdot 10^2$ до 10^{-1} мс, размеры определяются возможностями получения плоскопараллельных подложек и однородностью ориентации молекул в активном слое, от которой также зависит разрешающая способность, углы наблюдения ограничиваются используемым электронооптическим эффектом, типом элемента, режимом его работы, конструкцией, и взаимным расположением отображающего устройства, наблюдателя и источника света ($\pm 15^\circ$ – $\pm 90^\circ$), рабочие температуры заключены в диапазоне $\pm 10^\circ\text{C}$ – $\pm 90^\circ\text{C}$, контрастность возрастает с повышением яркости освещения окружающей среды и может достигать 1000:1, ориентировочный срок службы до 30000 часов. На основе жидких кристаллов принципиально можно создавать все типы устройств отображения от простейших сигнальных приборов с любыми площадью и цветом высвечиваемых знаков до матричных панелей телевизионного типа.

Предложен и изучен целый ряд конструктивно-технологических принципов построения отображающих экранов и устройств управления ими. Найден новый способ управления яркостью и цветом в плоских твердотельных экранах индивидуального и группового пользования с цифровым управлением, обеспечиваемым за счет пространственной модуляции яркости.

В начале 60 г.г., благодаря фундаментальным физико-технологическим исследованиям, породившим микроэлектронику, открылись принципиально новые перспективы в развитии вычислительной техники [3]. К этому времени достигли значительных успехов физика твердого тела, физика полупроводников и диэлектриков, материаловедение, повысился уровень вакуумной технологии и техники, отработаны процессы фотолитографии и диффузии, методы тонкопленочных покрытий, создания печатных схем, освоены групповые методы изготовления диодов и транзисторов, зародилась планарная технология. Возникли условия для разработки и промышленного производства машин на полупроводниковых интегральных схемах – ЭВМ третьего поколения, отличающихся существенно более высокой сложностью, надежностью в работе, производительностью, сниженной стоимостью и улучшенными практически всеми другими характеристиками. Расширялась область применения и стала значительно более социально значимой вычислительная техника. Правительство СССР поэтому приняло ряд стратегических решений по созданию промышленной базы микроэлектроники с выделением значительных материальных средств.

В Киеве было организовано конструкторское бюро Министерства электронной промышленности СССР, на основе которого в 1966 г. создан Научно-исследовательский институт микроприборов (КНИИМП) с заводом для разработки и производства ИС различных типов на МОП и биполярных структурах, гибридных ИС на основе тантала, а также микроэлектронной аппаратуры и изделий бытовой техники. В 1970 г. на базе этого института образовано Киевско-научно-производственное объединение «Кристалл» (НПО «Кристалл»), в состав которого вошли кроме указанных киевских предприятий Светловодский завод «Микроприборов», Ивано-Франковский завод и ряд филиалов в различных городах Украины. НПО «Кристалл» определена головной организацией в Союзе по разработке БИС на МОП структурах и БИС на базе тантала. Это объединение в 1975 г. имело 150 тысяч кв. метров площадей и в нем работало 35 тысяч сотрудников (в КНИИМП – 2500 чел.). В том же году оно выпустило продукции микроэлектроники на 350 млн. рублей (1 млн. долларов в день), в числе которой 100 тыс. микрокалькуляторов, миллионы МОП-БИС, ГИС для спецтехники. Освоена стандартная высокопороговая и низкопороговая технология р- и n-канальных МДП ИС с кремниевым затвором, технология приборов с зарядовой связью, планарно-эпитаксиальная технология БИП ИС, танталовая тонкопленочная технология, технология КМОП БИС. С учетом наличия других предприятий в разных городах в Украине возникла мощная микроэлектронная промышленность, крупнейшая в СССР и Европе. Впервые на нашем континенте создан микрокалькулятор на БИС и разработана современная технология ГИС на тантале. В последующие годы наши производственные мощности продолжали наращиваться. У 1991 г. в Украине разрабатывали и производили изделия микроэлектроники несколько десятков научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий («Кристалл», «Микропроцессор», «Гама», «Родон», «Гравитон», «Днепр», «Полярон», «Октябрь», «Орион», «Сатурн», «Гелий», «Карат», и др.) .

Было изготовлено и реализовано более 300 миллионов интегральных схем на сумму почти полмиллиарда долларов.

Высшей властью регулярно принимались постановления по развитию мик-роэлектроники. В последнем из них (1988 г.) предусмотрено строительство в Украине еще 14 предприятий (Борисполь, Ивано-Франковск, Киев, Запорожье, Черновцы, Херсон. На первых двух к 1991 г. задания были выполнены на 35—65%) с целью производства изделий на уровне высших мировых достижений (класс чистоты 1-10, миллионы элементов на кристалле, до 70-80% выхода годных).

Научно-исследовательские работы в Институте кибернетики проводились с учетом этих тенденций и были направлены на перспективное развитие указанных выше процессов [4]. В КНИИМП внедрены разработанные впервые в стране наши интегральные диодные линейки и матрицы, нашедшие применение в космической технике. Для предприятий Министерства авиационной и электронной промышленности, Министерства общего машиностроения разработаны диодно-матричные ИС [5] и полупроводниковые приборы с изменяемой вольтамперной характеристикой. В 1962-69 гг. выполнены исследования эффектов переключения в поликристаллических и стеклообразных полупроводниках. Разработаны конструкции и технологические процессы изготовления приборов. В 1976 г. изготовлены первые образцы матриц полупроводниковых переключателей на 256 бит. В 1980 г. сдана межведомственной комиссии диодно-матричная БИС для ПЗУ с плотностью 4096 бит на кристалле.

Вместе с НИИ «Пульсар» МЭП СССР институт выполнил пионерные работы в области электроннолучевой микрообработки полупроводниковых материалов и ныне распространенной электронной литографии [6–11]. К началу наших работ исследователями была доказана возможность использования пучка электронов для изготовления р-п переходов, резисторов, туннельных диодов, некоторых типов транзисторов, для формирования соединительных компонентов микросхем, скрайбирования, полимеризации мономеров на подложках и выполнения других тонких операций. Эта технология представлялась удобной для частичной, а в перспективе и полной автоматизации процессов производства узлов и блоков машин. К тому времени успехи в области микроэлектроники и практики проектирования ЭВМ уже поставили проблему создания машин самими машинами. В литературе, однако, почти отсутствовали необходимые представления о механизмах взаимодействия электронного луча с резистом, без чего нельзя устанавливать правильные технологические режимы, оптимальные условия проведения технологических операций. Нам удалось сперва понять эти механизмы применительно к электронным пучкам, используемым в качестве инструмента для прецизионного термического воздействия на полупроводник и в качестве зонда для измерения и контроля некоторых параметров технологических процессов и изделий. Были разработаны теоретические основы метода электроннолучевого легирования полупроводников, применявшегося для изготовления диодных логических микроструктур. Исследована кинетика тепловых процессов и все основные стадии легирования: формирование в зоне браковки локального температурного

поля, проникновения примеси в расплав полупроводника, распределение ее в твердой фазе при кристаллизации, возникновение в ходе кристаллизации так называемого «выпора», образующего электрический контакт с легированной зоной.

В последующие годы разработка теоретических основ электроннолучевой технологии в Институте кибернетики получила дальнейшее развитие в направлении более глубокого проникновения в закономерности торможения и рассеяния электронных потоков, выяснения характера распределения выделяемой ими энергии между различными видами атомов и химических связей в материалах сложного состава, механизмов физико-химических реакций, возникновения и движения дефектов структуры и др. Была построена последовательная теоретико-вероятностная модель движения и рассеяния электронов средней энергии в веществе, в основу которой положено приближение непрерывных потерь энергии, достаточно обоснованное физически для областей энергии электронов от десятков до сотен килоэлектронвольт, используемой на практике [12,13]. Важным достоинством модели является то, что в ней рассматриваются мишени произвольной выпуклой формы и электронные пучки с каким угодно распределением электронов по энергии, направлениям движения и точкам входа в мишень, что позволяет применить модель для расчета многих реальных задач, рассмотреть процессы взаимодействия пучка с многослойными структурами типа электронорезиста на подложке.

Детально изучены вторичные процессы при облучении электронорезистом. Показано, что скрытым изображением в чувствительном слое следует считать не распределение выделенной пучком энергии по объему резиста, как было принято во многих работах, а распределение в нем радиационно-химических превращений (РХП), которое за счет влияния вторичных электронов может сильно искажать создаваемые рисунки, особенно на краях экспонируемых фигур и в области их элементов, имеющих малые размеры [14]. Найдено, что операции формирования в электронорезисте скрытого изображения и проявления должны проектироваться во взаимосвязи. Для позитивных резистов этот совокупный процесс может быть описан зависимостью скорости растворения облученного участка в проявителе от логарифма концентрации РХП (кривые растворимости). Понятия чувствительность и контрастность для этих резистов должна относиться к системе «электронорезист-проявитель» при фиксированной температуре проявления. Построены и изучены математические модели процессов экспонирования и проявления.

Теоретические работы, посвященные выяснению закономерностей процессов взаимодействия ускоренных электронов с мишенями и механизмов воздействия их на материалы мишеней, помогли сформулировать требования к некоторым типам электроннолучевого оборудования [15], найти диапазоны и точности регулирования энергетических и временных параметров электроннолучевой микрообработки, определить допустимые погрешности при установке луча в обрабатываемую точку, необходимые скорости его

перемещения, выбрать правильные принципы построения управляющей системы [16].

Среди имевшихся в начале 60 г.г. технических средств автоматизации не оказалось пригодных для эффективного управления такими тонкими инструментами микрообработки, каким является электронный луч. Существовавшая в то время аппаратура не позволяла получать высокие разрешения, точности позиционирования и скорости перемещения пучка в нужную точку, осуществлять произвольную установку временных и энергетических режимов воздействия электронов на материал, а использование этой аппаратуры приводило к относительно большим производительным затратам времени и было связано с такими трудностями при программировании технологических процессов, что нередко технологи считали их непреодолимыми. Необходимо было создать специализированные цифровые технические средства. Нами найдены оригинальные технические решения, такие как кадровый метод построения рисунка, шагово-векторный режим сканирования мишени, отклонение луча с коррекцией цифро-аналоговых преобразователей, позиционирование пучка с автоматической коррекцией линейных, угловых ошибок и погрешностей отклоняющей системы, статистическая обработка сигналов от маркерных знаков и другие, которые практически реализованы в созданных машинах.

В 1967 г. по заданию директивных органов спроектирована и внедрена в электронную промышленность машина «Киев-67» [17], которая по заключению межведомственной комиссии была первой отечественной электронно-цифровой машиной для управления электроннолучевой микрообработкой материалов и по своим техническим характеристикам и эстетическим качествам превосходила известное зарубежное оборудование аналогичного назначения. В машине реализован оригинальный входной язык и векторный способ сканирования, благодаря чему настолько упрощено программирование технологических процессов, что оно как проблема перестало существовать для технологов. Оператор записывал исходную информацию в цифробуквенной форме, что по существу не отличалось от той информации, которой он привык пользоваться в своей повседневной работе. Весь процесс обработки делился на несколько этапов, в пределах каждого энергетические характеристики луча и временные параметры воздействия его на материал не менялись. По одной команде машина в состоянии обработать любую из пяти произвольно расположенных в пределах раstra элементарных геометрических фигур требуемых размеров: точечный растр, ряд прямоугольников, наклонную прямую, окружность или дугу, площадь, ограниченную наклонными с произвольным углом наклона или дугами произвольного радиуса. Комбинируя эти фигуры, их взаимное расположение и связи между ними на подложке, а также задавая их обработку в определенной последовательности при разных энергетических режимах и временных параметрах облучения, можно синтезировать сложные рисунки и создавать нужные схемные микроструктуры.

Векторный способ сканирования, примененный в этой машине, особенно выгоден в тех случаях, когда различные участки рисунка в зависимости от их места расположения на мишени требуют разной дозы облучения. Подобного

рода ситуация возникает, например, в процессах электронной литографии, когда размеры элементов рисунка меньше микрона и вследствие так эффекта близости происходит непрограммируемая частичная засветка соседних с обрабатываемыми участков. При векторном сканировании эту засветку легче учесть и скомпенсировать путем включения в описание рисунка соответствующей корректирующей информации. Этот метод сканирования во многих случаях обеспечивает более высокую производительность микрообработки и точность. Максимальная область отклонения луча с помощью машины «Киев-67» определялась одиннадцатиразрядным выходным преобразователем. Ошибка позиционирования пучка не превышала полшага. Ускоряющее напряжение устанавливалось непосредственно в киловольтах, можно было задавать 16 разных его значений, и при этом для сохранения неизменными размеров области обработки автоматически корректировалась величина отклоняющего тока. Ток пучка задавался в процентах от его максимального значения. Для этого на выходе блока управления энергетическими параметрами вырабатывались 100 градаций напряжения, регулирующего потенциал на модуляторе электронной пушки. Такое решение позволяло легко стыковать машину с разнотипными электроннолучевыми устройствами.

Основу вычислительного узла в «Киеве-67» представлял собранный на двух цифровых интеграторах линейно-круговой интерполятор, программно перестраиваемый на обработку указанных выше фигур.

Заложенные в этой машине принципы автоматического программного управления электронно-лучевыми процессами были развиты при создании машины «Киев-70», специально предназначенной для электронной литографии [18].

Известно, что для изготовления фотошаблонов ИС обычно применяют фотолитографию. В процессе производства операции фотолитографии осуществляются восемь-девять раз, а иногда и более. Они поглощают в среднем до 40-50% всех затрат на полный технологический цикл и определяют точность изготовления. От них зависит возможность получения отдельных элементов малых геометрических размеров, которые для развития микроэлектроники необходимо постоянно уменьшать. При использовании видимого и ближнего к нему по длине волны ультрафиолетового излучения для экспонирования фоторезистов в промышленных условиях нельзя получить элементы размером, меньше микрона из-за ограничений, вызываемых явлением дифракции и малой глубины резкости, которую дает световая оптика. Электронный луч для этой цели оказывается значительно результативней. Он представляет собой самый точный инструмент и может обеспечить на несколько порядков лучшую пространственную разрешающую способность. Практически получают, например, диаметр луча меньше 0,1 мкм при токе больше 10^{-9} А и глубине фокуса ± 25 мкм, что недоступно для оптических систем. Это позволяет снизить требования к плоскостности обрабатываемых пластин, что особенно важно при использовании пластин большого диаметра, которые под воздействием высокотемпературных технологических операций могут оказаться изогнутыми на несколько микрометров. Электронная литография открыла новые

возможности для производства сверхбольших интегральных схем с размерами элементов меньше 0,5 мкм[19].

Но эти преимущества можно реализовать лишь при условии применения со- ответствующих средств управления, функции которых и выполняла машина «Киев-70». В дополнение к описанным возможностям она существенно расширяла область обработки (до 8192×8192 шагов). На поле 500×500 мкм она обеспечивала изготовление и совмещение шаблонов с ошибкой, не превышающей 0,1 мкм, была более производительной и управляла не только перемещением луча, но и координатным столом с автоматической коррекцией программы по сигналам обратной связи от реперных меток, осуществляла мультипликацию, устанавливала нужный формат электронного пятна или диафрагмы, позволяла сканировать непрерывно с разными временами экспозиции. На основе статистической обработки сигналов, получаемых от передних и задних кромок реперных меток при их многократном электронно-зондовом сканировании с последовательным смещением линии сканирования, «Киев-70» автоматически выполняла угловую, линейную коррекцию и коррекцию погрешностей отклонения, обеспечивала совмещение координатных осей стола и электроннооптической системы. Впервые была создана возможность относительно простого решения весьма сложной в рамках обычной технологии задачи автоматического прецизионного совмещения рисунков фотошаблонов, формируемых в различных слоях микросхем, что открыло принципиально новые возможности производства схем с субмикронными размерами компонентов. В НИИ «Пульсар» в 1972 году с помощью этой машины созданы полупроводниковые микроструктуры с элементами размером 0,5 – 0,7 мкм, что соответствовало лучшим мировым достижениям на то время, изготовлены приборы с характеристиками, недоступными для других технологических методов. Для некоторых из них в 40 раз возрос процент выхода годных. В НИИ «Сатурн» были созданы транзисторы с частотами более 60 ГГц.

Известно, что изготавливаемые с субмикронными размерами БИСы и СБИСы весьма сложны, составление программ их изготовления «ручным способом» непосильно для человека. Потребовалось решение задач автоматизации проектирования таких изделий, что стало частью выполненной под руководством В.М.Глушкова разработки системы «Проект», для которой «Киев-70» представляла окончательное звено, объединяющее проектирование и изготовление в единый процесс [20]. Нами предложены и опробованы принципы, предполагающие выделение характерных классов технологических операций для изготавливаемых с их помощью изделий, выработку специального языка для экономного описания этих операций, создание библиотеки стандартных процедур, преобразующих специальные термины и директивы языка описания во входной язык управляющей ЭВМ в символьной форме, и, наконец отладку специального математического обеспечения для конкретной универсальной ЭВМ, позволяющей автоматически преобразовать на ней описание технологических процессов или микросхем в программу их реализации на автоматически управляемом электронно-лучевом оборудовании [21]. Решены также некоторые оптимизационные задачи

экспонирования фоторезистов и размещения схемы на кристалле, а также задачи синтеза топологии на основе «символьного метода».

На основе описанных методов разработаны разнообразные топологические структуры. Впервые в мире, например, спроектированы и изготовлены тексты с плотностью 110000 букв/мм (30 томов большой советской энциклопедии с такой плотностью разместились бы на площади циферблата ручных часов), что открыло качественно новые возможности упаковки текстовой информации для крупных хранилищ, автоматизации занесения ее на носители, поиска и доставки пользователям.

В 1974 г. издана первая в соответствующей области техники монография «Электроннозондовые устройства» [22], которая используется в учебных курсах физических факультетов университетов и технических Вузов и на которую в Большой советской энциклопедии в соответствующей статье специалистов Московского университета дана ссылка как на основную литературу.

Работы в области электронной литографии совместно с созданием «Проекта» удостоены Государственной премии СССР.

В ходе проектирования машины разработаны типовые схмотехнические решения для построения разнообразных электронных устройств на новых тогда интегральных схемах серии 155. Эти решения широко тиражированы и применялись в разных отраслях промышленности.

Описанное выше исследование механизма взаимодействия электронных пучков с мишенью, разработка алгоритмов и технических средств прецизионного управления электронно-лучевой микрообработкой, практическое освоение высокоразрешающей электронолитографии представили также хорошую основу для создания электронно-оптических устройств памяти сверхбольшого объема, потребность в которых возникает при построении крупных общегосударственных и региональных информационных систем коллективного пользования. Рассмотрены физические эффекты и классы материалов, применяемых для этой цели, способы доступа к зонам и ячейкам накопителя, обеспечивающие высокую точность позиционирования электронного луча, быстроедействие, методы записи информации. Показана реальность изготовления электронно-оптического ЗУ объемом $10^{12} - 10^{14}$ бит с временем доступа $10^{-6} - 10^{-3}$ и скоростью считывания $10^6 - 10^7$ бит/с, допускающих накопление информации в процессе функционирования, а также предложены конкретные устройства, признанные изобретениями.

Выполнен комплекс исследований, направленных на повышение параметров СБИС. Изучена возможность использования для этой цели силицидов тугоплавких металлов переходной группы. Найдены и переданы в промышленность оригинальные конструктивно-технологические решения. Совместно с НИИМП, например, разработана технология самосовмещенных затворов КМОП структур на основе силицида кобальта. Изучена твердофазная реакция этого материала как пригодного для формирования скрытых высокопроводящих слоев БИС, построена и изучена математическая модель силицидообразования для случая пре-имущественной диффузии кремния в металл.

Построены и изучены модели плазмохимического травления материалов.

В 1986 г. издана наша монография «Методы повышения параметров БИС»[23]. Только сотрудниками отдела физико-технологических основ кибернетики найдено около 200 оригинальных технических решений на уровне изобретений в области новых технологических процессов, устройств ЭВМ, структур современных многопроцессорных вычислительных систем и систем автоматизации проектирования БИС. Предложены способы электронно-лучевого сканирования мишеней, изготовления пленочных элементов и схем, полупроводниковых переключателей, интегральных микросхем, полупроводниковых материалов, оптических и оптоэлектронных устройств и мн. др.

По поручению АН СССР Институт кибернетики координировал научно-исследовательские работы по проблемам : автоматизация проектирования БИС, Электронная литография, Системы отображения информации в рамках Советского союза как ведущая организация по этим направлениям.

По заданию директивных органов СССР нами было выполнено прогнозное исследование тенденций развития микроэлектроники на период 1980 – 1990 г.г. и далее. Результаты опубликованы в специальном сборнике, распространены среди отраслей промышленности, рассматривались и получили высокую оценку в Президиуме АН СССР. В отчете по НИР обращалось внимание на определяющую роль этого направления для научно-технического прогресса, выявлены возможные параметры, которые могут быть достигнуты в прогнозируемом периоде времени. Наши предположения сбылись и в ряде случаев превзойдены. Примером сегодняшнего высшего уровня микроэлектроники являются микропроцессоры Pentium, содержащие в себе десятки миллионов транзисторов с размером 0,5 – 0,35 мкм. В мире уже работает 25 заводов, производящих СБИС с такими технологическими нормами. Ныне достижения микроэлектроники, как и прогнозировалось, определяют уровень всего промышленного и оборонного потенциала страны, а, стало быть, и жизни народа. И жаль, что за последние годы в Украине указанные выше огромные возможности практически утеряны.

1. Деркач В.П., Корсунский В. М. Электролюминесцентные устройства.– Киев: Наук. Думка, 1968.– 304 с.
2. Деркач В.П., Стринжа М.В. Современные устройства отображения видеoinформации в автоматизированных системах управления.– В кн.: Техника индикации. Киев: Наук. думка, 1976, с. 3 – 24.
3. Деркач В.П. О некоторых особенностях современной конструктивно--технологической базы ЭВМ и тенденциях ее развития.– Упр. Системы и машины, 1976, №6, с. 29 – 37.
4. Деркач В.П. О некоторых физико-технологических проблемах вычислительной техники.– Кибернетика, 1982, №5, с. 46 – 54.
5. Сравнительные исследования вариантов схемной организации диодных матричных БИС / Деркач В. П., Корсунский В. М., Липилин В. А., Мороз-Подворчан О. Г. – Киев, 1980. – 64 с. (Препринт / ИК АН УССР, № 80 –23).
6. Деркач В.П., Корсунский В.М., Медведев И.В. О кинетике тепловых процессов при электронно-лучевом легировании кремния. – Физика и химия обраб. Материалов, 1970, №2, с.14 – 24.
7. Корсунский В.М. Выделение энергии пучком ускоренных электронов в полупроводниках при электронно-лучевом легировании. – В кн.: Физико-технол. вопр. кибернетики. Киев: ИК АН УССР, 1969, с.87 – 107.

8. Деркач В.П., Корсунский В.М., Сидоренко С.Л. О механизме внедрения примесей в кремний при электронно-лучевом локальном легировании. – Физика и химия обраб. Материалов, 1970, №4, с.24 – 31.
9. Деркач В.П., Опаец М.Г. Исследование влияния подложки на стационарное температурное поле, возникающее в полупроводниковой пластине при электронно-лучевой микрообработке. – В кн. Физико-технологические вопросы кибернетики. Киев: ИК АН УССР, 1977, с. 21 – 23.
10. Зависимость прямого падения напряжения на диодах, изготавливаемых способом электронно-лучевого локального легирования, от технологических факторов / В.П. Деркач, В.М. Корсунский, И.В. Медведев, В.И. Перепелица. – Там же, 1975, с. 3 – 13.
11. Демченко Л.М., Корсунский В.М., Сидоренко С.Л. Расчет
12. распределения примеси в перекристаллизованной зоне при локальном электронно-лучевом легировании полупроводников. – Там же, 1971, с. 23 – 33.
13. Вероятностное описание процесса движения электронов средних энергий в мишени в приближении модели «непрерывных потерь» / Б.А. Грабовский, В.П. Деркач, В.М. Корсунский, А.А. Остроухов. – Киев, 1972. – 113 с.
14. (Препринт / ИК АН УССР; № 72 – 64).
15. Об интегральном уравнении, описывающем процесс взаимодействия потока электронов с мишенью / В.П. Деркач, В.М. Корсунский, О.Н. Одарич, Б.А. Грабовский. – Докл. АН УССР. Сер. А, 1979, № 12, с. 1032 – 1035.
16. Деркач В.П., Корсунский В.М. Некоторые теоретические проблемы электронной литографии. – Микроэлектроника, 1982, том 11, вып. 4, с. 291 – 309.
17. Деркач В.П., Корсунский В.М., Никиташенко В.Г., Требования к электронно-лучевой установке для легирования полупроводников и некоторые пути для удовлетворения этих требований. – В кн.: Физико-технологические вопросы кибернетики. Киев: ИК АН УССР, 1967, с. 3 – 22.
18. Деркач В.П. О некоторых задачах, возникающих при управлении электронно-лучевыми процессами изготовления микросхем. – В кн.: Физико-технологические вопросы кибернетики. Киев: ИК АН УССР, 1967, с. 3 – 22.
19. Деркач В.П. Цифровая машина для управления электронно-променевой микрообработкой материалов (Київ – 67), – Вісн. АН УРСР, 1969, № 5, с. 55 – 62.
20. Автоматизация проектирования и изготовления интегральных схем на основе эллиптических технологических процессов / В.М. Глушков, В.П. Деркач, В.М. Корсунский, В.Р. Ракитский. – В кн. VI Всесоюз. Совещание по пробл. Упр.. М.: Наука, 1974, ч.1, с. 227 – 230.
21. Деркач В.П., Кухарчук М.С. Электронная литография как эффективное средство для освоения субмикронных размеров элементов БИС. – Микроэлектроника, 1980, № 6, с. 498 – 516.
22. Глушков В.М., Деркач В.П., Капитанова Ю.В. К решению
23. проблемы автоматизации проектирования и изготовления ЭВМ и их компонентов. – Микроэлектроника, 1975, № 4, вып. 6, с. 531 – 535.
24. Деркач В.П., Карагодов В.П., Корсунский В.М. Об автоматизации проектирования и изготовления диодных матричных БИС. – Упр. системы и машины, 1974, № 5, с. 101 – 104.
25. Деркач В.П., Кияшко Г.Ф., Кухарчук М.С. Электроннозондовые устройства. Киев: Наук.думка, 1974. – 267 с.
26. Деркач В.П., Кияшко Г.Ф., Кухарчук М.С. Методы повышения параметров БИС. Киев: Вища школа, 1986, – 152 с.