

ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНТЕРНЕТ-ПОДДЕРЖКА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРАКТИКУМА ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ

В.Н. Устюжанинов, В.П. Крылов

Одним из направлений совершенствования информационных систем и технологий является использование новых физических принципов передачи, преобразования и хранения информации. Разработка устройств функциональной и нано-электроники с динамическими неоднородностями в качестве носителей информации [1] предусматривает использование простых и комплексных физических эффектов в неограниченных конденсированных средах, слоистых структурах и структурах пониженной мерности с квантовыми свойствами [2].

Практически освоенным направлением функциональной электроники можно рассматривать акустоэлектронику с динамическими неоднородностями в виде поверхностных и объемных акустических волн в пьезоэлектриках, значительно расширяющую информационные возможности современных телекоммуникационных систем в результате использования прямого и обратного пьезоэффекта. Возможность реализации практически неограниченного перечня функциональных преобразователей в рамках существующих технологий производства интегральных микросхем делает это направление одним из наиболее перспективных для разработки высокопроизводительных информационных систем.

Устройства функциональной электроники иллюстрируют общие закономерности реализации физических эффектов в различных средах для создания информационных систем. Необходимым условием продуцирования информационных процессов является наличие триады в виде физических полей, сред и параметров. Сочетание таких признаков определяет сущность реализуемых информационных процессов на основе конкретных физических эффектов и определяет системные признаки соответствующего направления. Сформировавшиеся в настоящее время направления функциональной электроники: оптоэлектроника, магнитоэлектроника, полупроводниковая электроника, диэлектрическая электроника и др. развивались в рамках определенных закономерностей, поддающихся формализации.

Перечень известных эффектов в конденсированных средах насчитывает примерно четыре десятка позиций, малая часть из них находит практическое применение в настоящее время. Не изученные возможности и перспективы применения в информационных системах оставшейся части обуславливают актуальность исследования возможностей реализации их в пленочных и слоистых структурах методами существующих интегральных технологий. Другим актуальным направлением исследований возможностей функциональной электроники следует считать задачи прогнозирования и физического обоснования возможности существования новых эффектов, как основы для разработки эффективных информационных технологий на новых физических принципах.

Формальное описание физической природы прогнозируемых явлений в конденсированных средах может быть получено в результате представления в виде множества каждого элемента триады. В частности множество $M1 = \{a_1, a_2 \dots a_n\}$ отображает набор полей различной физической природы (электрических, магнитных, силовых, тепловых и др.), действующих в континуальных средах (локальное действие) или на континуальную среду (распределенное действие). Множество различных конденсированных сред характеризуется набором элементов $M2 = \{b_1, b_2 \dots b_m\}$, отображающим перечень материалов (континуальных сред), применимых для реализации физических эффектов. Физические параметры континуальных сред отображаются множеством $M3 = \{c_1, c_2 \dots c_k\}$.

Отношения между множествами определяют физический смысл и число реализуемых физических эффектов. Пересечение множеств $M1$ и $M2$ порождает подмножество $M1,2 = \{a_i, b_j\}$, набор элементов которого определяет число вариантов сочетаний действующих физических факторов (полей) и континуальных сред, испытывающих такие воздействия. Пересечение множеств $M1$ и $M3$ формирует подмножество $M1,3 = \{a_i, c_l\}$ с числом элементов, равным числу сочетаний различных физических факторов и физических параметров континуальных сред, на которые воздействуют эти факторы. Пересечение множеств $M2$ и $M3$ приводит к подмножеству $M2,3 = \{b_j, c_l\}$ с числом элементов, определяемым сочетаниями континуальных сред и физических параметров каждой среды. Пресечение множеств $M1$, $M2$ и $M3$ продуцирует подмножество $M1,2,3 = \{a_i, b_j, c_l\}$, элементы которого в каждом сочетании отображают действие физического фактора на физический параметр конкретной континуальной среды.

Сочетания a_i, b_j, c_l представляют способ формального описания событий в виде действия определенного физического фактора на заданный физический параметр исследуемой континуальной среды. Очевидно, что число таких сочетаний определяется произведением nmk , численное значение которого характеризует размерность множества вариантов формально различных задач исследования эффектов и явлений в конденсированных средах. В содержательной постановке каждая из таких задач предусматривает определение количественных соотношений между характеристиками воздействующих факторов и обусловленными этими воздействиями изменениями значений физических параметров для каждой континуальной среды. Оценки

показывают, что количество различных задач может достигать значений в несколько десятков, что является первичным признаком необходимости привлечения информационных ресурсов сети INTERNET.

Практическая реализация процедур поиска информации в сети интернет требует учета особенностей неоднозначного содержательного истолкования задач, отображаемых конкретными наборами значений a_i, b_j, c_l . Такие особенности становятся очевидными, если учесть, что в разных задачах каждый элемент набора может рассматриваться как аргумент, параметр или функция. Различные варианты постановки задач для каждого элемента подмножества $M_{1,2,3}$ могут быть представлены в виде $a_{i1}=f_1(b_j, c_l)$, $a_{i2}=f_2(c_l, b_j)$, $b_{j1}=f_3(a_i, c_l)$, $b_{j2}=f_4(c_l, a_i)$, $c_{l1}=f_5(a_i, b_j)$, $c_{l2}=f_6(b_j, a_i)$, где первый символ в скобках рассматривается как аргумент, второй – в качестве фиксированного параметра. Определение этих функциональных зависимостей в явном виде является задачей создания математических моделей физических эффектов, что и является целью инновационных исследований в рамках учебного практикума. Многовариантная реализация каждого элемента подмножества $M_{1,2,3}$ с учетом его мощности определяет параметры проблемного поля и объемы информационных массивов для его покрытия.

Рассматриваемый подход позволяет использовать классификационные признаки для определения сложности эффектов и требуемых объемов информационного обеспечения. Эффекты и задачи первого уровня соответствуют единственному элементу в составе подмножества $M_{1,2,3}$, что предопределяет многовариантную постановку исследовательских задач. В качестве примера рассмотрим задачу оптимизации процессов радиационно-технологической обработки полупроводниковых материалов потоками корпускулярных излучений с целью управляемого изменения времени жизни носителей заряда. В этом случае элемент a_1 подмножества есть интегральный поток частиц F , например электронов, элемент b_1 – полупроводниковый материал, например кремний, элемент множества c_1 – электрофизическая характеристика материала – время жизни носителей.

Решение подобных задач предусматривает определение функциональных зависимостей $f_1 \dots f_6$ с возможностью графической интерпретации в виде двумерных графиков. Они отражают события класса «один фактор, одна среда, единственный физический параметр», относящихся к разряду наиболее изученных и обеспеченных информационными ресурсами. Проблемная область с учетом представленных функциональных зависимостей определяется произведением b_{nmk} . Примеры содержательного описания таких эффектов столь же многочисленны и разнообразны: фотоэлектрические явления в полупроводниках (излучение оптического диапазона действует на поверхность полупроводника и изменяет его проводимость); акустоэлектронное взаимодействие (взаимодействие акустических волн с электронами и формирование электронных доменов); акустоэлектронное усиление (увеличение амплитуды акустических колебаний при взаимодействии их с направленным потоком электронов) и др. Подобные эффекты и задачи целесообразно классифицировать как эффекты и задачи первого уровня (ранга).

Эффекты первого уровня относятся к числу наиболее изученных и обеспеченных информационными ресурсами для решения прикладных задач. Расширение подмножества $M_{1,2,3}$ путем увеличения на единицу любого элемента приводит к изменениям количественных или качественных характеристик исследуемых физических эффектов в результате увеличения (в рассматриваемом случае на единицу) числа учитываемых факторов или эффектов и соответствующих прикладных задач. В частности, представление элемента a в виде конъюнкции $a=a_1*a_2$ отражает событие в виде одновременного действия двух факторов, что соответствует эффектам и задачам второго уровня. В случае представления этого параметра логической суммой $a=a_1+a_2$ возможные варианты постановки исследовательских задач включают две задачи первого уровня и одну – второго.

Увеличение набора возможных значений параметра b сопровождается соответствующим расширением множества вариантов исследования одного эффекта и решения задач первого уровня для различных конденсированных сред. Расширение подмножества путем увеличения числа возможных наборов значений параметра c соответствует, при прочих равных условиях, увеличению числа различных задач первого уровня.

Приведенные результаты качественного анализа показывают, что различные варианты физических эффектов второго уровня сложности (2D) формально генерируются при условии $a=2$. Расширяющееся множество физических эффектов третьего уровня сложности (3D) соответствует условию увеличения числа элементов множества M_1 в составе подмножества $M_{1,2,3}$ до трех единиц.

Результаты анализа состояния проблемы внедрения инновационных образовательных технологий высшего профессионального образования в сфере физической электроники показывают, что на концептуальном уровне основными направлениями совершенствования образовательного процесса являются: изучение новых эффектов возрастающих уровней сложности; разработка и реализация новых технологий информационного обеспечения исследований. Реализация первого направления соответствует основному признаку инновационного образования – возможности получения новых знаний в процессе обучения. Отмеченная выше особенность – практически неограниченное множество эффектов и задач исследований различных уровней сложности создают предпосылки для адаптации инновационного образовательного процесса для различных уровней подготовки.

Второе направление концептуальной реализации инновационного обучения находится в проблемной области информационного обеспечения исследований новых физических эффектов. Повышение уровня сложности физических эффектов сопровождается многовариантным истолкованием формального признака

вследствие возможности представления элементов множества $M_{1,2,3}$ в качестве аргумента, функции и параметра в различных сочетаниях. Многозначная идентификация сложных эффектов обуславливает значительное понижение эффективности существующих поисковых информационных систем из-за необходимости использования сложных комбинаций ключевых слов с указанием их соподчиненности. Практика показывает, что поиск информации по различным вариантам формулировок сложных эффектов практически не дает результатов, способствующих продвижению исследований.

В качестве примера рассматривается комплексный физический эффект с формально синтезированной формулировкой «акусто-фотоэлектрические явления в полупроводниках». Его содержательное истолкование может быть представлено вариантами: влияние акустических волн на фотоэлектрические эффекты в полупроводниках; зависимость акусто-ЭДС от интенсивности квантового облучения оптического диапазона; влияние излучений оптического диапазона на характеристики акустоэлектрических доменов; влияние электрического поля и квантового излучения на характеристики акустоэлектронного усиления (поглощения) звука; зависимость характеристик акустических волн от напряженности электрического поля и интенсивности оптического облучения и др. Традиционные технологии информационного поиска для различных вариантов описания сложных физических эффектов дают, как правило, перечень источников информации по каждому отдельному ключевому слову.

Рассматриваемая ситуация отражает объективную реальность: новизна исследуемых явлений подтверждается отсутствием сведений о них в информационных ресурсах интернета. Это является стимулом для проведения поисковых теоретических исследований в рамках учебного и исследовательского процесса с целью разработки теоретических основ информационных процессов на новых физических принципах. Прикладная ценность подобных исследований обусловлена возможностью разработки новых типов датчиков физических величин, методов и методик исследования физических характеристик новых материалов и физических сред, информационных процессов и устройств на новых физических принципах.

Приведенный анализ проблем внедрения элементов инновационного образования на примере направления физической и функциональной электроники иллюстрирует общие закономерности и сопутствующие проблемы информационного обеспечения исследований сложных физических эффектов с использованием ресурсов сети интернет. Результаты анализа показывают, что совершенствование алгоритмов информационного поиска является одним из основных условий решения новых задач исследования сложных физических эффектов в конденсированных средах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шука А.А. Функциональная электроника: Учебник для вузов: - М.: МИРЭА, 1998. - 260 с.
2. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем / Под ред. А.Я.Шика. - СПб.: 2001, 160 с. 69 ил.