

УДК 621.391

**О ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО ОБРАБАТЫВАЮЩИХ СРЕД**

В.К. Быховский

Введение

Как известно, в настоящее время основные методы синтеза неоднородных кристаллических структур, используемых в качестве накопительных и информационно обрабатываемых элементов, основаны на создании локальных неоднородностей методами планарной технологии (периодического окисления пластин и селективной диффузии примесей через специальные маски), напыления пучками, хемогазотранспортного осаждения, эпитаксиального роста и т. д. (см., например, [1]). Основная проблема при создании локальных неоднородностей состоит в максимальном увеличении плотности неоднородностей на единицу поверхности (создание однородных накопительных и обрабатываемых сред) и в обеспечении устойчивости полученных неоднородностей с заданными свойствами (в отношении преобразования сигналов).

**Позлементные (последовательные) методы
создания неоднородностей**

Рассмотрим, например, систему синтеза неоднородных струк-

тур, основанную на использовании программно-управляемого электронного пучка, с помощью которого на поверхность кристалла наносится проводящий рисунок, моделирующий ток, проходящий через кристаллическую пластину. Плотность проводящих путей определяется диаметром пучка. Стабильность рисунка во времени зависит как от характеристик пучка (его энергии), так и от релаксационных свойств поверхности.

Как известно, устойчивость управления пучком требует применения быстрых (киловольтных) пучков. Не это означает, что в малой области кристаллической решетки будет сосредоточена значительная энергия, и после образования некоторой нужной неоднородности неизбежно возникнут релаксационные процессы, которые (в конечном итоге) могут привести к полному изменению свойств данного участка поверхности.

Скорость релаксации, вообще говоря, определяется природой степени свободы, вовлеченных в процесс релаксации. Хотя известно, что процессы электронной релаксации протекают "очень быстро" (10^{-14} - 10^{-13} сек.), а процессы колебательной и вращательной релаксаций на 2-4 порядка медленней, эти оценки во многом условны. В зависимости от начального состояния решетки, природы некачественных связей и т.д. времена релаксации могут изменяться в очень широких пределах. Не существу кристаллическая неоднородность представляет собой метастабильное состояние, распадающееся во времени, и, как показывают оценки и эксперименты, времена жизни метастабильных состояний могут изменяться в диапазоне, охватывающем десятки порядков. Так, первое метастабильное состояние атома водорода характеризуется временем жизни около 1/8 сек (ср. с 10^{-8} сек для первого излучательного состояния $2p_{1/2}$). Колебательные-вращательные метастабильные состояния (туннельная релаксация ядер) могут обладать временами жизни порядка десятков и сотен лет.

Несколько основная проблема синтеза неоднородных структур состоит в **о д н о в р е м е н н о м** увеличении плотности неоднородностей и устойчивости во времени, то методы постепенного (последовательного) создания оказываются непригодными; увеличение плотности приводит к уменьшению надежности в результате увеличения скорости релаксации из-за локальной концентрации энергии пучка.

Параллельные методы получения неоднородных структур

Методы планарной технологии основаны на параллельном воздействии на поверхность кристалла распределенными "сигналами" (например, параллельная диффузия через маску). Локальная плотность энергии на поверхности кристалла при этом невелика и скорость релаксации в ряде случаев оказывается приемлемой.

Недостатки планарной технологии связаны с трудностями управления диффузией, а также с неконтролируемостью метастабильных состояний, создаваемых неоднородностями.

Более перспективными представляются методы параллельного синтеза неоднородных структур, основанные на использовании управляемых распределенных (формирующих) сигналов с малой локальной плотностью энергии и естественных однородных кристаллических сред, обладающих множеством метастабильных состояний, возбуждаемых вышеуказанными распределенными сигналами, и имеющих большие времена жизни (порядка десятков и сотен лет).

Анализ показывает, что электронные метастабильные состояния неприемлемы из-за малости их времен жизни даже в уникальных случаях. Это обусловлено быстрой туннелизацией электронов в кристаллических решетках.

Квантовые состояния ядер (атомов) как целых представляют в этом отношении значительно больший интерес, поскольку времена туннелирования атомов (из-за их большой массы) на десятки порядков превышают таковые для электронов.

Наглядным примером однородной среды, обладающей множеством долгоживущих метастабильных состояний и пригодной для конструирования накопителей, является KH_2PO_4 - дигидрофосфат калия (ДФ). ДФ имеет "жесткую" решетку из ионов K^+ и PO_4^- , а также "мягкую" решетку из атомов водорода. Каждый атом движется в двойной потенциальной яме и в основном состоянии находится в нижней части двойной ямы (температура ниже температуры Кюри). Если через такой кристалл проходит модулированный когерентно-электронный сигнал, он регистрируется в решетке в результате локального возбуждения атомов водорода в участках кристалла, в которых плотность сигнала $\rho(\vec{x}, t)$ и ток, связанный с сигналом, $j(\vec{x}, t) = j(s^* \nabla s - s \nabla s^*)$, имеют максимумы ($s = s(\vec{x}, t)$

- комплексная амплитуда сигнала). Из-за особенностей потенциала, в котором движется атом водорода (двойная потенциальная яма), возбужденные состояния атомов водорода оказываются метастабильными, так как спонтанная релаксация связана с туннелированием атомов через барьер шириной около 1 \AA и высотой около $1-2$ эв.

В этом случае образование неоднородной интерференционной решетки (внутри кристалла) происходит в результате параллельного взаимодействия распределенного модулированного электронного сигнала с "мягкой" решеткой. Тот же процесс удобно трактовать как снятие вырождения в водородной решетке под влиянием модулированного сигнала. Сигналы различной формы (модуляции) дают, разумеется, неодинаковые интерференционные решетки - неоднородные структуры. Возбуждение охватывает только колебательно-вращательные степени свободы атомов водорода (малые локальные плотности энергии в сигнале), поэтому туннельная релаксация является чисто ядерной (атомной), с вытекающими отсюда оценками времен туннелирования (десятки и сотни лет).

В таких законительных средах плотность записи может быть доведена (теоретически) до $10^{20}-10^{24}$ бит/см³. Поскольку система записи (снятия вырождения) существенно распределенная, в каждом участке памяти имеется некоторая информация о записи - ном объекте, поэтому нарушение целостности даже значительной части среды не приводит к безвозвратной потере информации - возрастает только интегральная шум при выборке объекта. Фактически степень избыточности настолько велика, что по ничтожно малой части памяти можно восстановить объект во всей его целостности, причем с небольшим уровнем шумов.

Итак, интерференционные системы создания неоднородных структур в кристаллических средах обладают значительными преимуществами по сравнению с элементарными системами как в отношении плотности записи, так и в отношении надежности записи-хранения-выборки информации.

Возможные системы автоматического синтеза вычислительных сред

Выше было показано, что форма неоднородной структуры, воз-

никакой в однородной решетке в результате снятия вырождения модулированным сигналом $S(\vec{x}, t)$, полностью определяется формой сигнала. В свою очередь, форма сигнала определяется формой распределенной функции $\Gamma(x)$, отражающей структуру внешней ситуации, которая и модулирует сигнал S . Поэтому можно сказать, что рассмотренный механизм обеспечивает синтез неоднородной структуры, форма которой согласована с формой функции $\Gamma(x)$ (так называемый Γ -управляемый синтез неоднородных структур).

Обратим внимание на обстоятельство, которое позволяет построить на базе Γ -управляемого синтеза неоднородных структур мощное устройство управления. Как известно, всякое устройство управления анализирует (интерпретирует) входной сигнал из некоторого класса и формирует соответствующий выходной — управляющий сигнал, с помощью которого в работу запускаются те или другие исполнительные системы. В традиционных машинах на входной регистр дешифратора подается входной сигнал (команда), которая интерпретируется надлежащим образом (по таблице команд), после чего в работу запускается определенная схема-исполнитель с передачей ей надлежащей информации. Затем аналогично обрабатывается другой входной сигнал и т.д. (последовательный процессор).

Работа интерференционного устройства управления ("интер- процессора") основана на том, что при прохождении когерентно-электронного сигнала через неоднородную (водородную) решетку или систему таких решеток излучаются фотонные сигналы, модулированные формой неоднородной решетки (или системы решеток). Рассмотрим явление подробно на примере одномерной модели. Пусть на одномерную неоднородную решетку, моделируемую одномерным потенциалом, падает электронный сигнал $S(\vec{x}, t)$. Как известно, потенциал можно представить в виде фильтра, пропускающего из спектра сигнала только так называемые гармоники (определяемые формой потенциала). Отфильтрованный сигнал (фильтрат) состоит только из собственных гармоник фильтра, а "остаток" включает рассеянные электронный и фотонный сигналы; каждый из них состоит из "дополнительных" (до полной формы сигнала) гармоник-компонент. Разумеется, эта картина полностью соответствует известному излучению заряженной частицей фотонов, модулированных структурой неоднородного поля, действующего на частицу. Если

подается сигнал, состоящий из собственных частот фильтра, он проходит систему без рассеяния (фильтруется без остатка).

В применении к трехмерной среде с несколькими решетками это означает, что входной электронный сигнал фильтруется через систему решеток, причем прошедшая часть сигнала состоит из наборов гармоник для каждой решетки, а остаток состоит из наборов "дополнительных" гармоник для каждой решетки. Иными словами, в ответ на некоторый входной сигнал интерпретирующая среда (интерцессор) излучает управляющие фотонные сигналы, которые запускают в работу исполнительные системы, семантически связанные с соответствующими дополнительными сигналами. Запуск исполнительных систем в конечном итоге и приводит к реакции ИОС на внешнюю обстановку, причем эта реакция согласована с требованиями извне, поскольку именно Γ -обстановка обеспечила формирование надлежащей неоднородной решетки — управляющей структуры. При всяком изменении Γ изменяется и управляющая структура, так что любой входной сигнал интерпретируется с помощью эталонных-решеток, корректируемых под влиянием изменений в обстановку Γ .

Рассмотренный блок управления (интерцессор) является эффективным генератором модулированных фотонных сигналов. Известно, что получение модулированных световых потоков традиционными методами оказывается чрезвычайно сложным.

Итак, рассмотренная система представляет собой интерпретирующую распределенную среду, которая в ответ на некоторый входной сигнал может запустить в работу множество исполнителей с передачей каждому большого объема настраиваемой информации.

Каждая команда интерцессора формируется в результате надлежащей настройки однородной среды внешними сигналами $\Gamma(x)$, причем при изменении $\Gamma(x)$ происходит и должная дстройка системы команд интерцессора.

Л и т е р а т у р а

1. ПРАНГИВИЛИ И.В., АБРАМОВА Н.А., БАБИЧЕВА Е.В., ИГНАТУШЕНКО В.В. Микроэлектроника и однородные структуры для построения логических и вычислительных устройств, М., "Наука", 1967.
2. БЫХОВСКИЙ В.К. Авторское свидетельство № 1283874, 1968.

Поступила в редакцию
19.XI.1969