

и концентрации вводимых примесей. Но, как показывают эти исследования, параметры материалов во многом определяются и характером распределения примеси в его объеме. В последнее время вопросу получения и исследования сегнетоэлектриков с программируемым профильным распределением примеси уделяется все больше внимания, например, созданию и исследованию различных так называемых периодических структур. Одним из вариантов таких структур являются кристаллы с полосчатой примесной структурой, распределение примеси в которых представляет собой многократное периодическое чередование (повторение) слоев кристалла с повышенным и пониженным содержанием примеси в определенном направлении. При этом кристалл приобретает новые интегральные свойства (например, вызывает дифракцию излучения определенной длины волны). Но необходимо отметить, что изучаются, в основном, высокотемпературные кристаллы, получаемые из расплавов. Вопросы, связанные с получением и исследованием водородсодержащих кристаллов с периодическим распределением примеси остаются не изученными. Хотя в таких кристаллах, выращиваемых из растворов, к которым относятся кристаллы изоморфных рядов дигидрофосфата калия (KDP), триглицинсульфата (TGS), сегнетовой соли (RS) и другие, благодаря особенностям их строения, особенно выражен ряд эффектов, возникающих при легировании их примесями.

В данной работе приведены методы получения и исследование влияния периодического распределения примесей на свойства кристаллов TGS и RS.

Для получения закономерно-неоднородных кристаллов, которые состоят из регулярных слоев с различной концентрацией примеси, было разработано и изготовлено два устройства, основанных на разных принципах получения слоистых кристаллов. Работа первого устройства основана на использовании зависимости вхождения примеси в кристалл от скорости роста. Также разработано устройство для получения слоистой примесной структуры путем последовательного доращивания слоев в растворах, содержащих различную по составу и количеству примесь. Растворы помещаются в различные секции одного и того же кристаллизатора, кристаллы перемещаются из одного раствора в другой механически, с помощью специального устройства.

Исследованы диэлектрические свойства кристаллов триглицинсульфата и сегнетовой соли с периодическим послойным изменением концентрации примеси ионов хрома и меди соответственно. Показано, что свойства неоднородных сегнетоэлектрических кристаллов с периодической примесной структурой определяются периодом примесной структуры и температурой роста. Установлено, что наиболее значительные изменения свойств наблюдались у неоднородных кристаллов TGS:Cr с периодом от 40 мкм до 160 мкм; у кристаллов RS:Cu соли этот период составлял 50 - 130 мкм. Для кристаллов с указанным периодом примесной структуры наблюдалось уменьшение значений диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , размытие температурной зависимости  $\epsilon$  в области фазового перехода и сдвиг точки Кюри  $T_c$  в сторону парафазы; увеличение коэрцитивного поля  $E_c$  и наличие значительного внутреннего поля смещения, уменьшение величины реориентируемой спонтанной поляризации и тангенса угла диэлектрических потерь; наличие пиротоклика (для TGS:Cr) выше  $T_c$ . Анализ полученных данных позволяет объяснить влияние периодического распределения примеси на изменение свойств сегнетоэлектрических кристаллов, выращиваемых из растворов, с позиций модели механизма критического градиента примеси.

## **НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ В СПИН-КРОССОВЕРНЫХ СИСТЕМАХ**

*Н.А. Клиндухов, Н.С. Буйнов*

В наше время большой интерес представляет исследование магнитных свойств свободных стабильных органических радикалов и гетероспиновых соединений переходных металлов. Спин-кроссоверные соединения на основе ионов Fe (II) представляют наибольший интерес. В таких материалах существует тесная связь между магнитным состоянием (высокоспиновое состояние, ВС) и немагнитным (низкоспиновое состояние, НС) и сопровождается изменением цвета и объема. С другой стороны, в некоторых случаях изменение спинового состояния имеет явление гистерезиса. Это типичное свойство систем с существенной бистабильностью дает возможность использования таких материалов для хранения информации.

Высокоспиновое состояние в спин-кроссоверных конденсированных системах является возбужденным метастабильным состоянием. В процессе нагревания или в течение времени система спин-активных молекул релаксирует обратно к низкоспиновому состоянию. Наблюдаемая релаксация имеет необычный, отличный от экспоненциального, вид, так называемый сигмоидальный тип. Впервые этот факт был учтен в феноменологической модели Хаузера. Более детальное теоретическое исследование этой модели было проведено Букхедадемом и коллегами.

В данной работе было проведено теоретическое исследование низкотемпературной динамики, в частности, релаксации спин-кроссоверных систем из высокоспинового состояния в низкоспиновое.

В работе впервые получен микроскопический модельный гамильтониан, обобщающий результаты предыдущих моделей. Гамильтониан учитывает колебания решетки, посредством которой осуществляется взаимодействие между спин-активными центрами, а также туннельные эффекты. Нахождение системы в высокоспиновом или низкоспиновом состоянии описывалось матрицами Паули  $\sigma^z$ .

С использованием техники теории матрицы плотности было получено основное кинетическое уравнение для вероятности  $P(\{\sigma\}, t)$  нахождения системы в конфигурации  $\{\sigma\}$  со значениями фиктивных спинов  $\sigma_1 \dots \sigma_N$  Глауберовского типа:

$$\dot{P}(\{\sigma\}, t) = -P(\{\sigma\}, t) \sum_l W_l(\sigma_l) + \sum_l W_l(-\sigma_l) P(\sigma_1 \dots -\sigma_l \dots \sigma_N, t),$$

где  $W_l(\sigma_l)$  представляет собой частоту перехода для  $l$ -того вседоспинового флипа со значения  $\sigma_l$  в  $-\sigma_l$  в то время как остальные имеют фиксированное значение.

В итоге было выражение для скорости перехода в довольно простой форме

$$W_l(\sigma_l) = A(T) \exp \left[ -\frac{E_l \sigma_l}{T} \right],$$

где  $A(T)$  – параметр, который зависит от фононного и спин-фононного взаимодействия, константы туннелирования, а также температуры;  $E_l$  представляет собой локальное поле, которое зависит от окружения  $l$ -го фиктивного спина.

Таким образом, установлено, что скорость перехода из одной спиновой конфигурации (высокоспиновой или низкоспиновой) в другую представляет собой скорость перехода Аррениусовского типа, что было феноменологически постановлено в большинстве спин-кроссоверных моделях, адресованных проблеме динамики данных систем. В отличие от Глауберовских и Метрополисовских скоростей переходов, зависящих только от энергии начального и конечного состояния, предложенная скорость перехода отображает эффект влияния фононов на эффективный энергетический барьер, который сам зависит от температуры.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНВАРИАНТНЫХ МОМЕНТОВ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ В БИНАРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

*Е.А. Краснобаев*

Во многих задачах компьютерного зрения широко используются моментные характеристики изображений, а также рассчитываемые на основе них моментные инварианты [1]. Моментные характеристики представляют собой некоторые взвешенные суммы пикселей изображения, характеризующие такие свойства изображения как: площадь, центр тяжести, ориентацию и др. Основным достоинством моментных инвариантов является устойчивость к поворотам изображений, сдвигу, масштабу и другим преобразованиям.

Для цифровых изображений, представленных дискретной функцией  $I(x, y)$ , выражение для вычисления простых моментов имеет вид:

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y)$$

На практике, вычисляются только некоторые моменты нижнего порядка. Простые моменты изображения определяют площадь (для бинарного изображения)  $M_{00}$ , координаты центра:  $(x_c, y_c) = (M_{10} / M_{00}, M_{01} / M_{00})$ .

Чаще, при распознавании изображений, применяют центральные моменты, обладающие инвариантностью к сдвигу изображения:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - x_c)^p (y - y_c)^q I(x, y)$$

Центральные моменты второго порядка позволяют получить информацию об ориентации изображения. Центральные моменты могут быть нормированы, в результате чего они будут инвариантны к изменению масштаба и параллельному переносу.