

УДК 538.955

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ НИКЕЛАТАХ

Попова Е.А.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
г. Москва, Россия

Основным мотивом кристаллической структуры редкоземельных никелатов $(Y_{1-x}R_x)_2BaNiO_5$ ($R = Gd$ или Nd) являются цепочки ионов Ni^{2+} со спином $S=1$ (халдейновские цепочки), направленные вдоль оси a кристалла [1]. Взаимодействие между ионами никеля внутри цепочки осуществляется через ионы кислорода, в то время как взаимодействие между цепочками через ионы O^{2+} отсутствует. Взаимодействие между редкоземельными ионами R^{3+} , находящимися между цепочками, осуществляется через спиновые флуктуации никелевой цепочки, приводя к антиферромагнитному упорядочению в соединении. При этом никелевая цепочка остается внутренне разупорядоченной. Полевые зависимости намагниченности позволяют определить изменение магнитной структуры соединения под действием внешнего магнитного поля.

В Gd_2BaNiO_5 [2] в отсутствие внешнего магнитного поля магнитные моменты ионов Ni^{2+} и Gd^{3+} при температурах $T < T_N=53K$ лежат в плоскости (ac) кристалла. С понижением температуры при $T = T_{SR}=24K$ в системе происходит спонтанный спин-переориентационный переход, и все магнитные моменты поворачиваются в плоскость (bc) кристалла. В присутствии внешнего магнитного поля $V\parallel b$ наблюдается спин-флоп переход при $T < T_{SR}$, и магнитные моменты из плоскости (bc) кристалла переориентируются в плоскость (ac) . Если $V\parallel a$ то спин фолоп-переход происходит при $T > T_{SR}$, при этом магнитные моменты из плоскости (ac) кристалла переориентируются в плоскость (bc) .

В соединениях $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$ ион Y^{3+} является немагнитным, а магнитный ион Nd^{3+} обладает резкой анизотропией, что влечет резкую анизотропию магнитных свойств соединений $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$. Магнитные моменты иона Nd^{3+} лежат вдоль оси c кристалла, и даже сильное магнитное поле не отклоняет их от исходного положения.

В монокристалле Nd_2BaNiO_5 [3] на полевой зависимости намагниченности $M(B)$ обнаружено два магнитных перехода в виде ступенек в полях $B_{cr1}=9Tл$

и $V_{cr2}=16$ Тл при $V\parallel c$ и линейная зависимость $M(B)$ в поле $V\parallel a, b$. В тех же полях обнаружены переходы и в полекристалле Nd_2BaNiO_5 [4]. Анализ показал, что в поле $V\parallel c$ при $V=V_{cr1}$ намагниченность второй подрешетки ионов Nd^{3+} , магнитные моменты которой лежат против направления внешнего поля, становится равной нулю, и остается таковой вплоть до V_{cr2} . В этом интервале полей магнитные моменты ионов Ni^{2+} обеих подрешеток, находясь в плоскости (ac) кристалла, поворачиваются к этой плоскости, оставаясь антиферромагнитно направленными друг к другу. В поле $V=V_{cr2}$ магнитные моменты обеих подрешеток неодима становятся параллельными внешнему магнитному полю, и намагниченность неодимовой подсистемы насыщается. Никелевая подсистема, оставаясь внутренне разупорядоченной в полях до 50 Тл, подмагничивается неодимовой подсистемой и внешним полем. Магнитные моменты ионов Ni^{2+} обеих подрешеток имеют преимущественную ориентацию вдоль внешнего поля, создавая дополнительный вклад в общую намагниченность.

В соединениях $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$ с $x = 0.25, 0.15, 0.075$ и 0.05 на зависимости $M(B)$ наблюдается один фазовый переход в виде излома, критическое поле перехода смещается в сторону более низких полей с уменьшением концентрации неодима в соединении. В соединениях с низкой концентрацией неодима $x = 0.04, 0.03, 0.02$, и 0.01 магнитных фазовых переходов на полевой зависимости намагниченности не обнаружено.

Работа поддержана Научным фондом НИУ ВШЭ, проект "Зеркальные лаборатории".

Литература

1. E. Garc3a-Matres. Structural characterization and polymorphism of R_2BaNiO_5 ($R = Nd, Gd, Dy, Y, Ho, Er, Tm, Yb$) studied by neutron diffraction/ E. Garc3a-Matres, J. L. Mart3nez, J. Rodr3guez-Carvajal, J.A. Alonso, A. Salinas-S3nchez, R. S3ez-Puche // J. Solid State Chem. — 1993. — V. 103(2). — P.322-333.
2. E.A. Popova. Thermodynamic studies on single crystalline Gd_2BaNiO_5 / E.A. Popova, R. Klingeler, N. Tristan, B. B3chner and A.N. Vasiliev. // Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics — 2012. – V. 85 (17). – P.174402 – 174408.
3. S. Okubo. High-field magnetization measurement of three-dimensional antiferromagnet Nd_2BaNiO_5 single crystal./ S. Okubo, H. Ohta, T. Tanaka, T. Yokoo, J. Akimitsu. //Physica B. — 2000. – V.284. — P.1475-1476
4. E.A. Popova. Behavior of the magnetic subsystems in Nd_2BaNiO_5 / E.A. Popova, S.A.Klimin, M.N.Popova, R. Klingeler, N.Tristan, B.B3chner, A.N.

© Попова Е.А., 2024 г.

УДК 622.276

АНАЛИЗ СТАЦИОНАРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОМ ВЫТЕСНЕНИИ НЕФТИ ПАРОЖИДКОСТНОЙ СМЕСЬЮ

*Попова А. С., Гильманов А. Я., Шевелёв А. П.
(научный руководитель Шевелёв А. П.)*

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

В настоящее время многие месторождения разрабатываются тепловыми методами увеличения нефтеотдачи [1]. В этом случае происходят процессы неизотермического вытеснения нефти в пласте [2]. Для анализа эффективности применения этих методов необходимо знать распределение температуры и давления в пористой среде. Для получения результатов необходимо проводить моделирование описанного процесса.

Целью работы является расчет стационарного распределения температуры и давления при неизотермическом вытеснении нефти парожидкостной смесью. Впервые проводится асимптотический анализ двумерной модели трехфазной фильтрации в полярной системе координат.

Разработанная модель содержит законы сохранения массы пара, воды, нефти, законы Дарси для этих фаз и закон сохранения энергии в виде конвективного уравнения теплопроводности. Замыкающими соотношениями являются уравнение, связывающее насыщенности фаз, квадратичные корреляции Кори для относительных фазовых проницаемостей, уравнение Менделеева-Клапейрона для определения плотности пара и эмпирическое уравнение состояния Лихачева-Фогельсона для расчета плотности воды. Граничные условия соответствуют закачке пароводяной смеси с постоянными давлением и температурой и заданному давлению на контуре питания.

Для понимания того, как прошло вытеснения нефти водой и паром, необходимо рассмотрение стационарного состояния процесса. Для этого целесообразно проведение асимптотического анализа разработанной модели при устремлении времени к бесконечности. Пренебрегается изменение величин по угловой переменной. В результате такой процедуры получаются следующие уравнения:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} = 0, \quad (1)$$