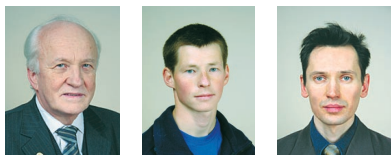


Нелинейная динамика слоистых магнитных структур: новые микромагнитные состояния и свойства

Танкеев А.П., Борич М.А., Смагин В.В.



Построены нелинейные динамические модели, учитывающие магнитоэлектронные взаимодействия, размерные эффекты, высшую линейную и нелинейную дисперсии в слоистых структурах ферромагнетик-диэлектрик-металл. Разработаны аналитические и численные алгоритмы анализа сценариев зарождения и эволюции квазисолитонов, а также процессов их взаимодействия и разрушения.

Проведенное исследование включает в себя различные аспекты слабонелинейной динамики магнитоэлектронных волн в структуре ферромагнетик-диэлектрик-металл. Построены соответствующие динамические модели, включающие аналитические результаты и результаты численного анализа. Они демонстрируют интересные свойства нелинейных волн, распространяющихся в гетерофазных средах, в частности, чувствительность их характеристик к деталям линейного спин-волнового спектра. Результаты могут быть систематизированы следующим образом.

Показано, что нелинейные состояния волн в структуре ферромагнетик-диэлектрик-металл могут быть описаны в рамках обобщенного нелинейного уравнения Шредингера (ОНУШ), учитывающего как дисперсию третьего порядка, так и дисперсию нелинейности. Проанализированы сценарии развития модуляционной неустойчивости – предвестника формирования солитоноподобных состояний. В рамках предложенной модели показано, что необходимым условием их существования является баланс эффектов линейной пространственной дисперсии третьего порядка и дисперсии нелинейности. Исследованы особенности развития длинноволновых модуляций вблизи точки “нулевой” дисперсии линейного спектра поверхностных магнитоэлектронных волн. Предложен алгоритм поиска этой точки. Выяснены условия появления на фоне плоских волн долгоживущих лока-

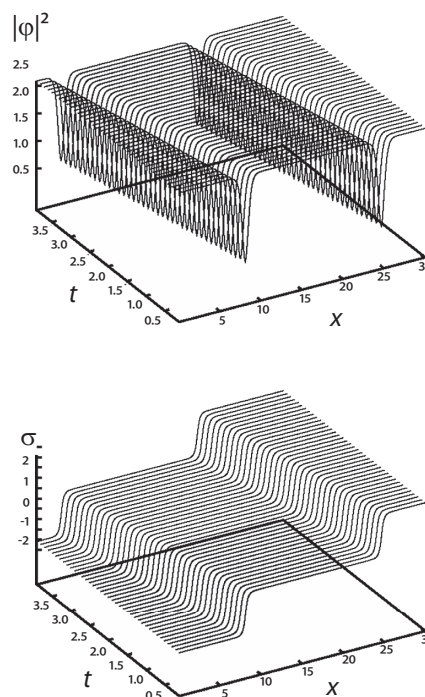


Рис. 1

Эволюция амплитуды и фазы цепочки “серых” квазисолитонов огибающей магнитоэлектронных волн, как решения обобщенного нелинейного уравнения Шредингера:

x – текущая безразмерная координата, t – время

лизованных состояний – “темных” солитонов [1].

Построены квазисолитонные решения ОНУШ. Выяснены условия существования “темных” и “светлых” квазисолитонов в перпендикулярно и касательно намагниченной слоистой структуре. Отмечена зависимость нелинейного сценария от толщины диэлектрического слоя. Исследованы особенности формирования “многосолитонных” состояний. Предложен способ их идентификации:

по амплитудной дисперсии (квадратичной зависимости скорости движения уединенной волны от ее амплитуды) и асимметрии нелинейного импульса, прошедшего через систему [2].

Проанализированы условия распространения и особенности взаимодействия двух нелинейных волн. В отличие от ситуации, когда в системе распространяется только одна волна, при одновременном распространении двух волн развитие длинноволновых модуляций на фоне однородного состояния может происходить и в дефокусирующем режиме [3].

Аналитически найдены новые солитоноподобные состояния ОНУШ: кноидальные нелинейные волны, решения в виде функционального квазисолитонного ряда, "серый" и "антитемный" квазисолитоны, (рис. 1). Определены параметры несущей и свойства нелинейных состояний.

Решена задача о взаимодействии "светлых" и "темных" квазисолитонов с монохроматическим излучением. Показано, что в установившемся, синфазном с возмущением, режиме в области параметров несущей, соответствующей "светлому" квазисолитону, формируются W -подобные нелинейные состояния и "антитемные" квазисолитоны. По другому сценарию происходит разрушение "темных" квазисолитонов (рис. 2). При конечных значениях амплитуды возмущения формируется W -подобная уединенная волна. С ростом амплитуды это состояние переходит в "серый" квазисолитон. При некоторой критической амплитуде локализованные состояния разрушаются и остаются пространственно-периодические нелинейные волны [4].

Полученные результаты необходимы для адекватной интерпретации новых экспериментальных данных по распространению нелинейных волн в магнитных пленках, а также для моделирования нелинейных эволюционных процессов в задачах оптики, теоретической и экспериментальной гидродинамики.

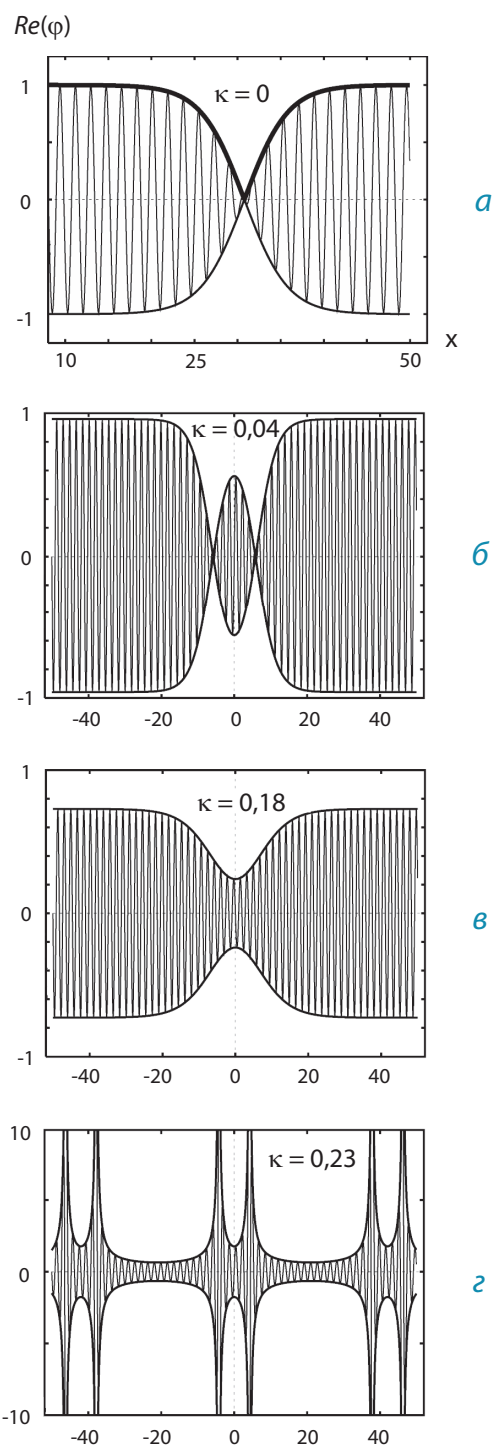


Рис. 2

Сценарий разрушения "темного" квазисолитона огибающей магнитостатических волн в гетерофазной структуре ферромагнетик-диэлектрик-металл под действием монохроматического излучения с амплитудой κ
 а – исходное состояние ("темный солитон")
 б – сформировавшийся W -подобный "солитон"
 в – "серый" квазисолитон
 г – неограниченные по амплитуде нелинейные волны.

¹ Borich M.A., Kobelev A.V., Smagin V.V., and Tankeyev A.P. *J. Phys.: Condens. Matter.* 15 (2003) 8543-8559

² Смагин В.В., Борич М.А., Танкеев А.П. *Физика металлов и металловедение* 100 (2005) № 6 529-537

³ Борич М.А., Смагин В.В., Танкеев А.П. *Физика металлов и металловедение* 98 (2004) № 5 5-22

⁴ Борич М.А., Смагин В.В., Танкеев А.П. *Физика металлов и металловедение* 103 (2007) № 2 (в печати)