

53(48)

# **НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(30—31 мая 1984 г.)

30 и 31 мая 1984 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

*30 мая*

1. Л. М. Дедух, В. И. Никитенко, Э. Б. Сонин. Динамика блоховских линий в доменной границе.

2. А. Г. Морозов, М. В. Незлин, Е. Н. Снежкин, А. М. Фридман. Лабораторное моделирование процесса генерации спиральной структуры галактик (теория и эксперимент).

*31 мая*

3. И. И. Соболевман. Оптические эксперименты по поиску эффектов несохранения четности в висмуте.

4. З. Г. Бережани, Дж. Л. Чкареули. Горизонтальная симметрия: массы и углы смешивания кварков и лептонов разных поколений; масса нейтрино и нейтринная осцилляция.

Краткое содержание трех докладов публикуется ниже.

537.61(048)

**Л. М. Дедух, В. И. Никитенко, Э. Б. Сонин.** Динамика блоховских линий в доменной границе. В подавляющем большинстве реальных магнитоупорядоченных кристаллов доменные границы (ДГ) являются обязательными элементами магнитной структуры, так как разбиение кристалла на домены уменьшает свободную энергию кристалла. Основы количественной теории ДГ были сформулированы Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшицем еще пятьдесят лет тому назад. Значительно позже обратили внимание на то, что дальнейшее понижение энергии кристалла может быть достигнуто за счет разбиения ДГ на участки, или субдомены, с разным направлением поворота магнитного момента  $\mathbf{M}$  при переходе через ДГ. Границы между такими субдоменами и есть блоховские линии (БЛ). Их можно также назвать магнитными вихрями, поскольку при обходе вокруг БЛ по некоторому пути происходит поворот магнитного момента  $\mathbf{M}$  в плоскости ДГ на угол  $2\pi$ . Такой магнитный вихрь представляет собой топологически устойчивый линейный солитон с весьма своеобразной динамикой, по ряду аспек-

тов отличающейся от динамики вихрей в сверхтекучих жидкостях и сверхпроводниках.

БЛ играют важную роль в процессе перемагничивания магнитного материала. Исследования БЛ были стимулированы использованием цилиндрических магнитных доменов (ЦМД) при создании новых типов элементов



Рис. 1. 180°-ная ДГ в пластине иттриевого феррограната, выявленная в поляризованном свете при слегка раскрененных поляризаторах микроскопа. Блоховские линии разделяют черные и белые субдомены в ДГ

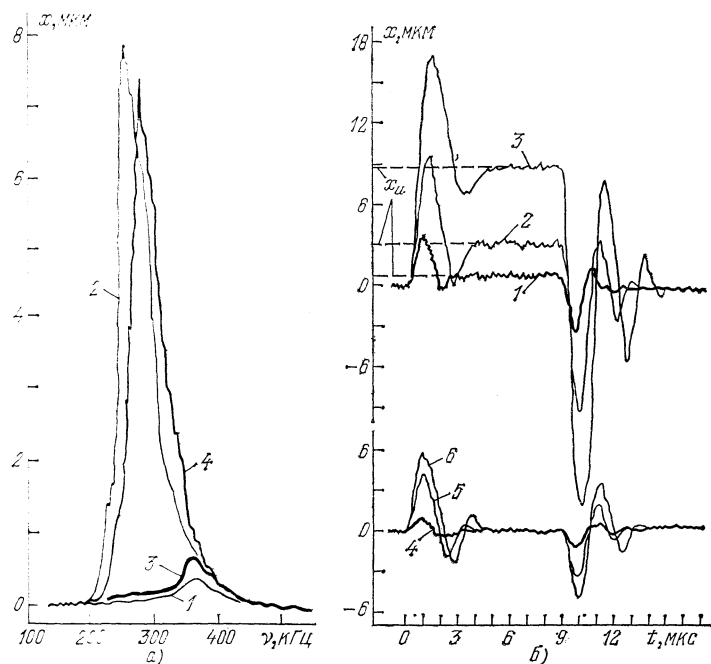


Рис. 2. а) Спектры амплитуд колебания БЛ, инициированного магнитными полями, перпендикулярным (1, 2) и параллельным (3, 4) векторам  $\mathbf{M}$  в доменах (1 —  $H_z = 75$  мЭ, 2 —  $H_z = 150$ , 3 —  $H_x = 6$ , 4 —  $H_x = 7,5$ ); б) свободные колебания БЛ, возбужденные прямоугольными импульсами полей  $H_z$  (1—3) и  $H_x$  (4—6) длительностью 9 мкс (1 —  $H_z = 300$  мЭ, 2 —  $H_z = 500$ , 3 —  $H_z = 700$ , 4 —  $H_x = 8$ , 5 —  $H_x = 15$ , 6 —  $H_x = 20$ )

памяти в ЭВМ, поскольку БЛ коренным образом влияют на массу и подвижность всего домена, играющего роль носителя информации<sup>1</sup>. Однако изучение закономерностей движения самих БЛ по ДГ лишь начинает разворачиваться.

В докладе изложены результаты экспериментального и теоретического исследования колебаний БЛ в ДГ, в которых проявляется вихревая природа БЛ. Экспериментальные исследования проводились на монокристаллических пластинках из иттриевого феррограната толщиной 30—60 мкм<sup>2</sup>. Направление легкого намагничивания было параллельно плоскости пластины. БЛ наблюдались оптически по эффекту Фарадея как границы между темными и светлыми субдоменами ДГ, в которых магнитный момент был параллелен направлению распространения поляризованного света (рис. 1). Движения БЛ (рис. 2) и ДГ регистрировались по сопровождающим их изменениям

интенсивности света, измеряемой с помощью ФЭУ. Колебания БЛ возбуждались магнитными полями, параллельными векторам  $\mathbf{M}$  как в субдоменах, так и в доменах, хотя в последнем случае поле оказывает давление только на ДГ. Выявлены резонансные колебания БЛ и изучены их характеристики. Обнаружено, что в этих условиях наблюдаются и резонансные осцилляции всей ДГ, которая в диапазоне более низких частот характеризовалась релаксационным спектром колебаний.

Совокупность полученных экспериментальных данных не описывалась в рамках моделей, рассматривавших БЛ и ДГ как одномерные топологические солитоны. В частности, экспериментально измеренные значения масс БЛ и ДГ на несколько порядков превосходили величину массы Дёринга. Своеобразные особенности колебаний ДГ находят объяснение, если учесть двумерный характер движения БЛ, которая не только двигается вдоль ДГ, но и имеет дополнительную степень свободы и способна перемещаться перпендикулярно ДГ, изгибая ее<sup>3</sup>. Известно, что смещение БЛ в пространстве (двумерный вектор  $\mathbf{r}$  в плоскости  $x, y$ , БЛ параллельна оси  $z$ ) удовлетворяет уравнению движения<sup>1,4</sup>

$$2\pi\nu \frac{M}{\gamma} [\dot{\mathbf{z}}\mathbf{r}] = -\frac{\partial F}{\partial \mathbf{r}},$$

в котором внешняя сила  $-\partial F/\partial \mathbf{r}$  приравняется не силе инерции, пропорциональной ускорению, а гиротропной силе, пропорциональной скорости  $\mathbf{r}$  смещения БЛ. Здесь  $\gamma$  — гиромагнитное отношение,  $\hat{\mathbf{z}}$  — единичный орт по оси  $z$ ,  $\nu = \pm 1$  — топологический инвариант, зависящий от структуры кора БЛ. Свободная энергия  $F$  для БЛ включает энергию, зависящую от смещения вдоль ДГ, и энергию, зависящую от смещения, перпендикулярного ДГ, приводящего к изгибу ДГ. Последняя определяется энергией, затрачиваемой на изгиб ДГ.

Таким образом, БЛ находится в двумерной потенциальной яме. Частица в такой яме обладала бы двумя линейно поляризованными модами колебаний. Для БЛ, являющейся магнитным вихрем, существует только одна мода эллиптически поляризованных колебаний, аналогичных томсоновским колебаниям вихря в гидродинамике. Эти колебания сопровождаются изгибными колебаниями ДГ и на иловом языке представляют собой магноны, локализованные на БЛ.

Если длина, на которой колеблющаяся БЛ изгибает ДГ, становится больше, чем расстояние между соседними БЛ, то все БЛ колеблются синхронно с ДГ.

В рамках рассмотренной модели двумерных эллиптически поляризованных колебаний БЛ в ДГ достаточно хорошо описывается совокупность особенностей наблюдавшихся резонансных колебаний. Отметим также, что смещения БЛ, сопровождающие колебания ДГ, могут определять не только ее инерционные свойства, но и вязкие потери при движении ДГ в процессе намагничивания всего кристалла.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими доменами. — М.: Мир, 1982.
2. Никитенко В.И., Дедух Л.М., Горнаков В.С., Кабанов Ю. П. — Письма ЖЭТФ, 1980, т. 32, с. 152; ЖЭТФ, 1982, т. 82, с. 2007.
3. Никифоров А.В., Сонин Э.Б. — Письма ЖЭТФ, 1984, т. 40, с. 325.
4. Никифоров А.В., Сонин Э.Б. — ЖЭТФ, 1983, т. 85, с. 642.