

Таким образом, фотон-ионное взаимодействие приводит к дополнительной ионизации газа, находящегося в состоянии аномального тлеющего разряда, а также вызывает перенос инжектированных в разряд чужеродных ионов на катод.

Л и т е р а т у р а

- [1] Грановский В.Л. Электрический ток в газе. Установившийся ток. М.: Наука, 1971. 544 с.
- [2] Бебб Х., Голд А. Многофотонная ионизация атомов водорода и благородных газов. – В кн.: Действие лазерного излучения / Под ред. Ю.П. Райзера. М.: Мир, 1968, с. 85–130.

Институт металлофизики
АН УССР,
Киев

Поступило в Редакцию
15 июня 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 6

26 марта 1988 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ ИЗОЛИРОВАННЫХ ДОМЕНОВ ДИНАМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

К.И. Лукаш, В.Г. Показаньев, Ю.И. Ялышев

Исследования структуры доменных границ (ДГ) в пленках с одноосной перпендикулярной анизотропией в настоящее время стимулируются перспективой создания ЗУ на вертикальных блоховских линиях (ВБЛ). Для реализации ЗУ необходимо решить физическую задачу определения структуры ДГ, т. е. зарегистрировать в ней блоховские линии, а также уметь определять поляризацию свободных от них участков ДГ (т. е. ориентацию намагниченности в центре ДГ). В разрабатываемой схеме ЗУ на ВБЛ исходным является хиральный (не содержащий ВБЛ) страйп, в котором генерируется ВБЛ [1]. При этом для контролируемой генерации ВБЛ необходимо знать хиральность исходного страйпа. В частности, для генерации ВБЛ плоскостным полем необходимо, чтобы определяемая хиральностью поляризация ДГ в области генерации была противоположна направлению импульсного плоскостного поля.

Непосредственно наблюдать такую структуру ДГ подобно тому, как это делается в материалах типа ЖИГ [2], в ЦМД-пленках не представляется возможным. Единственным, по-видимому, выходом являются косвенные динамические методы, требующие адекватной интерпретации. В данной работе для идентификации состояния изолированных доменов применяется метод динамической визуализации элементов структуры ДГ (ВБЛ и ГБЛ – горизонтальных блоховских линий), а также резонансный метод. Колебания ДГ наблюдались в микроскоп, спектры малых колебаний ДГ в области частот 1–100 МГц

регистрировались с помощью магнитооптической установки, позволяющей исследовать колебания отдельных участков ДГ с пространственным разрешением 4 мкм. Результаты, представленные в работе, получены на ЦМД-плёнке с параметрами: характеристическая длина 0.54 мкм, толщина 5.4 мкм, фактор качества 7.4, намагниченность насыщения 13.1 Гс. Изолированные домены (ЦМД и страйп) создавались и стабилизировались в полевой потенциальной яме, создаваемой токовой аппликацией, подобной использовавшейся, например, в работе [3]. В настоящей работе представлены только результаты исследования доменов, которые, как показывает анализ экспериментов, не содержат ВБЛ, т. е. являются хиральными.

На рис. 1, а, б приведена наблюдаемая визуально картина колебаний ДГ ЦМД, возбуждаемого импульсами однородного расширяющего поля смещения H_z длительностью 200 нс, частотой следования 4 МГц и амплитудой 5–6 Э. Поляризатор и анализатор скрещены (режим контраста ДГ). Такая картина наблюдается только в присутствии плоскостного поля H_x . Видно, что в ДГ имеется заторможенный сегмент, причем его местоположение (вверху или внизу) определяется ориентацией поля H_x . Отметим, что даже значительное увеличение поля H_x или амплитуды импульсов поля H_z не приводят к разрыву или исчезновению заторможенного сегмента. Вместо этого ЦМД начинает хаотически двигаться как целое.

Наблюдаемые эффекты становятся понятными, если предположить, что ЦМД является хиральным (рис. 1, в). Тогда динамическое поведение поляризованных по и против поля H_x сегментов ДГ должно быть различно. Действительно, на сегменте, первоначально поляризованном против поля (скажем, верхний на рис. 1, а), в некотором поле H_x вблизи поверхностей пленки должны зародиться блоховские петли (БП на рис. 1, г), движение которых к центру приводит к образованию ГБЛ [3, 4]. Гиротропное движение ГБЛ вверх-вниз внутри колеблющейся ДГ приводит к торможению соответствующего сегмента, что и наблюдается в эксперименте. При этом поляризованный по полю противоположный сегмент ДГ совершает интенсивные колебания. Изменение направления поля на обратное приводит к тому, что ГБЛ образуется на другой стороне ЦМД (рис. 1, б).

Возникает вопрос, почему не наблюдается прорыв ГБЛ при увеличении поля H_x или амплитуды импульсов H_z , как это наблюдалось в экспериментах [3] по качанию изолированного страйпа. По-видимому, дело в том, что образующиеся в этом случае разнополярные ВБЛ приводят к большому автодвижению ЦМД [4], не позволяющему исследовать ЦМД на этой стадии.

Отметим, что аналогичная картина наблюдалась в работе [5] при исследовании динамики ДГ ЦМД в присутствии плоскостного поля методом высокоскоростной фотографии. Однако в отличие от исследуемого нами колебательного режима в [5] движение ДГ возбуждалось одиночным импульсом поля смещения.

Наибольший интерес с практической точки зрения представляет идентификация состояния изолированного страйпа. Простой метод динамической визуализации в этом случае, по-видимому, малопримени-

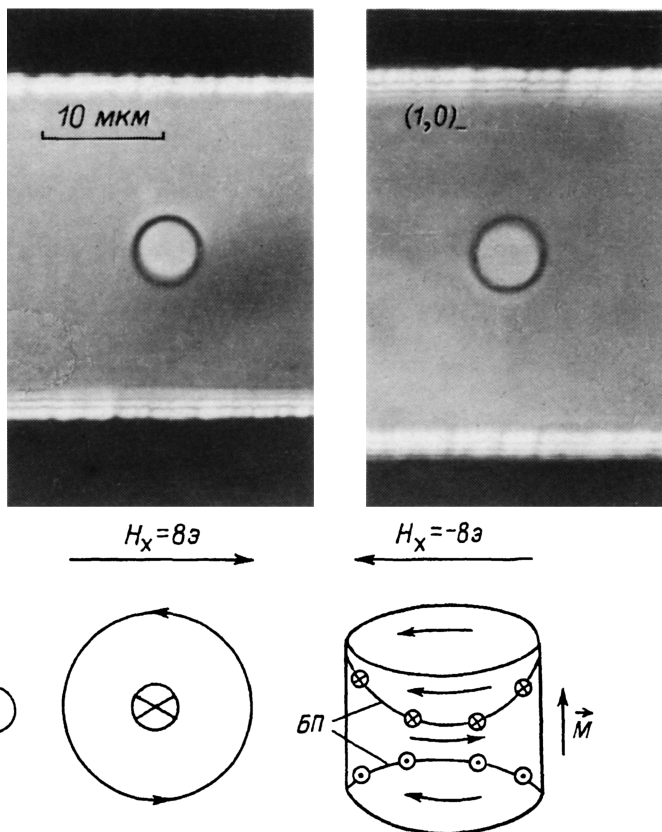


Рис. 1

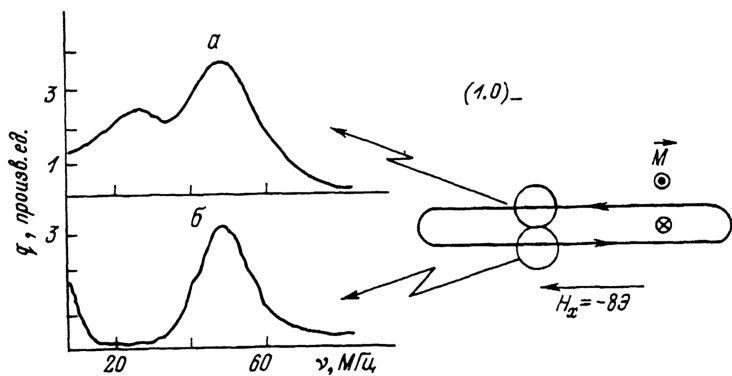


Рис. 2.

годен. Пока нам не удалось определить хиральность страйпа этим методом, поскольку необходимые для визуализации колебаний ДГ значительные амплитуды поля H_z для структуры ДГ страйпа являются возмущающими и приводят к генерации ВБЛ. Определить поляризацию любого участка ДГ и хиральность страйпа позволяет резонансный метод.

Изолированный страйп получался путем растяжения рассмотренного выше хирального ЦМД. Как и в методе динамической визуализации, различия в поведении верхней и нижней сторон страйпа проявляются в поле H_x . На рис. 2 приведены спектры колебаний сторон страйпа, полученные путем локальной регистрации колебаний отдельных участков ДГ. Спектр одинаков для всего прямого участка ДГ. Интересной особенностью спектра, наблюдаемой впервые, является отсутствие колебаний в области частот 10–30 МГц на одной из сторон страйпа. При изменении направления поля на обратное спектры сторон меняются местами.

В рамках рассматриваемой модели хирального домена можно предположить, что зарождение ГБЛ на поляризованной против поля H_x стороне страйпа (как и в ЦМД) приводит к возбуждению в указанной области частот антисимметричной по толщине пленки моды колебаний ДГ [6], не регистрируемой магнитооптически. При этом из-за магнитостатического взаимодействия на противоположной стороне страйпа в этой области частот имеет место усиление трансляционных колебаний (левый пик на рис. 2, а). Правый резонанс на обоих спектрах соответствует обычной трансляционной моде колебаний.

Следует отметить, что определение хиральности страйпа подобным методом существенно проще способа, описанного в [1], где для определения хиральности исходного страйпа необходимо зародить в нем пару ВБЛ, разрезать и определить состояния получившихся ЦМД методом качания.

Таким образом, методом динамической визуализации и резонансным методом однозначно идентифицирована структура ДГ изолированного хирального ЦМД и страйпа.

Л и т е р а т у р а

- [1] Н и д а к а У. – Jap. J. Appl. Phys., 1986, v. 25, N 3, p. 228–231.
- [2] Горнаков В.С., Дедух Л.М., Никитенко В.И., Сыногач В.Т. – ЖЭТФ, 1986, т. 90, в. 6, с. 2090.
- [3] К о н и ш и С., М а т с у я м а К., Н а р и т а К., – Jap. J. Appl. Phys., 1979, v. 18, N 9, p. 1835–1836.
- [4] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982.
- [5] G a l l a g h e r T.J., H u m p h r e y F.B. – J. Appl. Phys., 1979, v. 50, p. 997.

[6] S l o n c z e w s k i I.C., A r g y l e B.E.,
S p r e e n J.H. - IEEE Trans. Magh., 1981,
v. 17, p. 2760.

Уральский электромеханический
институт инженеров
железнодорожного транспорта
им. Я.М. Свердлова

Поступило в Редакцию
22 сентября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 6

26 марта 1988 г.

ЭФФЕКТ ПРОДОЛЬНЫХ РЕБЕР ПРИ ОТРАЖЕНИИ УДАРНЫХ ВОЛН В ГАЗАХ

В.П. Ф о к е е в, Д.К. Р а е в с к и й

Взаимодействие отраженной ударной волны в ударной трубе с пограничным слоем в многоатомном газе приводит к отрыву пограничного слоя и бифуркации (расщеплению) отраженной волны. Плоское течение в появившейся λ - конфигурации ударных волн исследовалось в ударных трубах квадратного или прямоугольного сечения (см. библиографию в работе [1]).

Влияние боковой поверхности с поперечным оребрением, образованным регулярным чередованием канавок, исследовалось в работе [2]. В этом случае ребра были перпендикулярны скорости потока, они вызывали сильные возмущения как в пограничном слое, так и за фронтом отраженной ударной волны. Совсем другой характер воздействия на пограничный слой наблюдается в области, примыкающей к продольному ребру в углу канала. Эта область нарушения двумерности течения имеется в любом канале прямоугольного сечения. Опыты в ударных трубах [1, 3] показывают, что отрыв и бифуркация отраженной ударной волны в углах, образованных боковыми стенками канала, запаздывает по сравнению с бифуркацией, расположенной ближе к ядру потока вблизи оси боковой стенки.

В настоящей работе влияние продольных ребер изучалось в углекислом газе при начальном давлении 20 мм рт. ст. в интервале чисел Маха M_s падающей ударной волны от 3 до 4.5. Исследования проводились с помощью модели, имеющей форму клина, которая помещалась в ударную трубу сечением 72 x 72 мм². Использовались две модели: А - длина 120 мм с продольными ребрами, образованными чередующимися продольными канавками шириной 2,5 мм и глубиной 3 мм с интервалом 2,5 мм, Б - длина 140 мм с напаянными медными ребрами толщиной 0,2 мм и высотой 4 мм с шагом 4 мм. Картина течения визуализировалась теневым методом. На рис. 1 приведена типичная фотография бифуркации отраженной ударной волны для $M_s=4.1$ торец ударной трубы справа, волна движется налево, в нижней части рис. 1 бифуркация отраженной волны на стенке удар-