

ЭФФЕКТ НЕВЗАИМНОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В МАНГАНИТЕ

Богданова Х.Г. *, Булатов А.Р. *, Голенищев-Кутузов В.А. **, Голенищев-Кутузов А.В. **, Потопов А.А. **, Капралов А.В. *

* Казанский физико-технический институт КазНЦ РАН, г. Казань

** Казанский государственный энергетический университет, 420066, Россия, Казань, Красносельская, 51

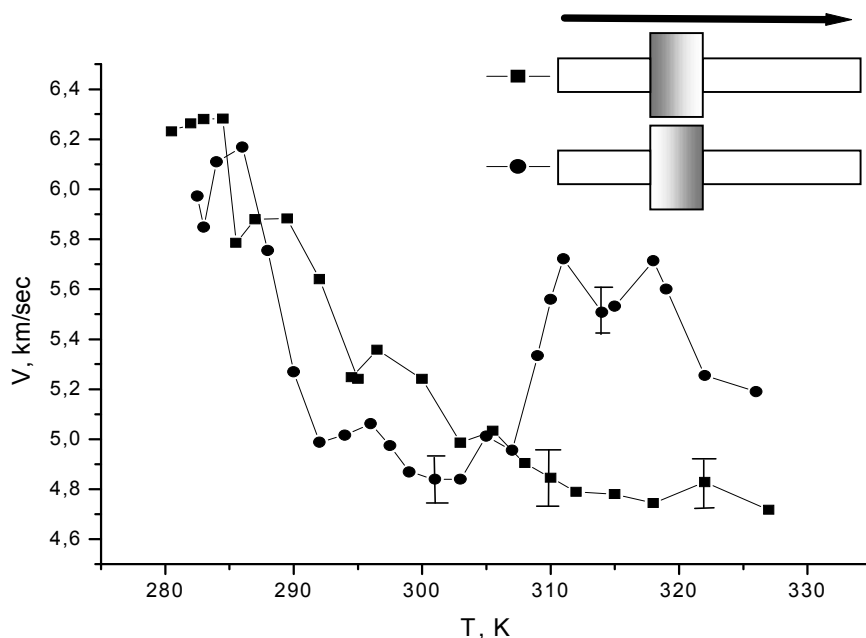
В результате экспериментального изучения температурной зависимости параметров ультразвуковых волн на частоте 770 МГц в температурном интервале (285–320) К обнаружено различие в скоростях ультразвуковых волн, распространявшихся в образце в противоположных направлениях (эффект не взаимности).

Эффект не взаимности волн различной природы (электромагнитных или упругих) состоит в неодинаковости их прохождения через какую либо среду в прямом и обратном направлениях. Он может проявиться в изменениях поляризации, затухания, скорости распространения. Различные проявления эффекта не взаимности при распространении электромагнитных волн оптического диапазона были достаточно полно исследованы в последние годы, особенно в связи с возможным применением в кольцевых лазерах бегущей волны, оптических затворах и как метод исследования внутреннего строения вещества [1-3].

Поскольку эффекты не взаимности волн имеют различную природу [4], то нам представлялось актуальным исследовать возможность их проявления при распространении акустических волн в условиях, близких к экспериментам с электромагнитными волнами, т.е. при наличии структурной и магнитной многофазности. Именно к таким средам относятся манганиты, в которых сильные взаимодействия электронной, магнитной и решеточной подсистем создают необычное многообразие физических свойств, характеризующихся в частности несколькими видами структурного, магнитного, зарядового и орбитального упорядочения. Для лантан-стронциевых манганитов системы $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ при значении $0.17 < x < 0.18$ в широком температурном диапазоне возникает сосуществование двух структурных фаз: орторомбической и ромбоэдрической в условиях магнитного двухфазного состояния (антиферро- и ферромагнитных фаз), приводящее к образованию структурных микроскопических неоднородностей [5,6]. Предполагалось, что микроскопические структурные и магнитные неоднородности могут значительно влиять на характер распространения ультразвука с длиной волны порядка нескольких микрометров, использовавшегося в наших экспериментах.

В результате измерений было обнаружено различие в скоростях акустических волн, распространявшихся в противоположных направлениях в кристалле манганита. Чтобы связать различие в скоростях именно с распространением в манганите, образец был переклеен относительно преобразователей, что позволило изменить направление импульсов в манганите, сохранив его для пьезопреобразователей. Следует, что различие в акустических скоростях имеет место только в манганите в температурном интервале $320 \text{ K} \geq T \geq 285 \text{ K}$, причем в интервалах (305–320) К и (285–305) К изменения в скорости ультразвуковых волн имеют противоположный знак. Первый из них (305–320) К соответствует температурному интервалу структурного перехода и смешанному ромбоэдрическому – орторомбическому состоянию. Наличие структурной и магнитной двухфазности, как установлено в работах [5,6] и приводит к возникновению структурных и магнитных неоднородностей, имеющих в основном слоистый характер. Размеры их по порядку величины сравнимы в нашем случае с длиной ультразвуковой волны. Поскольку на границах таких неоднородностей, трактуемых

как упругие домены [7], возникают упругие напряжения, то это обстоятельство может являться причиной локальных изменений параметров анизотропии. В этих условиях ультразвуковая волна будет многократно отражаться и преломляться на каждой из границ упругих доменов и испытывать линейное и циркулярное двулучепреломление внутри доменов. Вследствие различия в углах падения и отражения на границах доменов и гиротропии отдельных доменов, может возникать асимметрия волновых векторов ультразвуковой волны, распространяющейся в прямом и обратном направлениях в образце.



На наш взгляд, такое значительное изменение в скорости ультразвука достигающее (5–10)% особенно в отсутствие намагниченности (305–320) К может возникать только за счет многократных трансформаций ультразвуковой волны на границах микроскопических неоднородностей, а изменение знака ΔV обязано изменению характера неоднородностей от структурных к магнитным. Наблюдавшиеся в этом же температурном диапазоне значительные изменения в поглощении частично также определяются вращением плоскости поляризации ультразвуковой волны.

Таким образом, в условиях пространственной дисперсии и многократных отражений от границ упругих доменов возникает эффект невзаимности для акустических волн.

Однако для полного доказательства необходимы дополнительные эксперименты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-02-16440 и 05-02-17142).

[1] И.А. Андропова, Г.Б. Малыкин // УФН, 2002, т. 172, с. 849

[2] Геворгян А.А.// Письма в ЖТФ, 2003 т. 29, с. 60

[3] Венгер Е.Ф., Попов В.Б., Сердега Б.К. и др.// Опт. И спектр, 2002, т. 89, с. 810–814

[4] Е.А. Туров, А.В. Колчанов, В.В. Меньшенин и др. Симметрия и физические свойства антиферромагнетиков. М.: Физматлит, 2001, 560 с.

[5] Darling T.W., Miglori A., Moshopoulou E.G. et. al// Phys. Rev, 1998, v. B57, p. 5093–5097

[6] Богданова Х.Г., Булатов А.Р., Голенищев-Кутузов В.А. и др.// Письма в ЖЭТФ, 2003, т. 78, с. 753–756

[7] D.I. Khomskii, K.I. Kugel, Phys.Rev., B67, 134401 (2003)