

УДК 620.171.2

DOI: 10.17223/00213411/62/10/170

В.Ф. НОВИКОВ, Р.Х. КАЗАКОВ, К.Р. МУРАТОВ, Л.В. ЛУЦИК

МАГНИТОУПРУГИЙ ЭФФЕКТ В ФЕРРОМАГНЕТИКЕ В ПОЛЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

Рассматривается лабораторная установка для применения в физическом спецпрактикуме и в демонстрационном эксперименте лекционного курса общей физики, а также в качестве прибора для изучения упругих волн и магнитоупругих явлений в ферромагнетиках в поле стоячей волны, возбуждаемой пьезокерамическим резонатором. Акустический сигнал и магнитоупругий отклик регистрируются одновременно с помощью двухканального осциллографа. Намагничивание ферромагнетика производится с помощью катушек Гельмгольца. Положение узлов и пучностей стоячей волны электромагнитного сигнала по длине стержня определялось сканирующей катушкой, и по этим данным рассчитывалась длина волны, скорость звука и модуль упругости. Приводятся результаты изучения свойств стоячих волн на ферритовом и стальном стержнях, а также на ленте электротехнической стали толщиной 50 мкм, наклеенной на стеклянный стержень.

Ключевые слова: магнитоупругий эффект, магнитострикция, коэрцитивная сила, магнитная проницаемость, феррит, сталь, стоячая волна, упругие напряжения, физический практикум.

Введение

Физика насчитывает около 6 тысяч физических явлений и эффектов, которые составляют основу техники, на них базируется большая часть технических решений и изобретений [1]. Предназначение физического практикума заключается в ознакомлении обучающихся с возможно большим числом явлений, в обеспечении наглядности, облегчении усвоения и углубленного понимания явлений [2].

Задачами, стоящими перед разработчиками физического практикума, является комплексность подхода, когда на одной установке можно исследовать несколько физических явлений (эффектов). Целью работы явилось создание лабораторно-демонстрационной установки для одновременного изучения стоячих акустических волн и явления магнитоупругости в ферромагнетике в поле акустической волны.

Известны демонстрации акустических явлений (стоячих волн) в газе (трубка Кундта, акустические резонаторы), в твердых телах (демонстрация стоячих волн в струнах, фигуры Хладни) [3]. Однако и в отечественном [4, 5], и в зарубежном физических практикумах [6] нам не удалось найти лабораторной установки, позволяющей одновременно изучать и акустические, и магнитоупругие явления.

Предварительные результаты по созданию лабораторной установки приведены в [7]. В предлагаемой установке переменные упругие механические напряжения (деформации растяжение и сжатие) создаются в ферромагнитном стержне с помощью стоячей синусоидальной акустической волны. Вследствие магнитоупругого эффекта механические напряжения вызывают изменение намагниченности ферромагнетика.

1. Теоретический анализ магнитоупругого эффекта в поле акустической волны

Магнитоупругий эффект является термодинамически обратным магнитострикции [8]. В основе его лежит изменение магнитоупругой энергии ΔE_σ , выражение для которой имеет следующий вид:

$$\Delta E_\sigma = -\frac{3}{2}\lambda_S\sigma \cdot \sin^2\varphi, \quad (1)$$

где σ – механическое напряжение; λ_S – константа магнитострикции материала; φ – средний угол между направлением намагниченности и осью приложения напряжений. Приложение напряжений приводит к изменению доменной структуры и изменению намагниченности магнитострикционного материала.

В стержне на резонансных частотах образуется стоячая акустическая волна как результат интерференции встречных бегущих волн. Проведенные измерения показали, что плотность феррито-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>