

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P14-86-171

В.В.Мошкин*, В.М.Назаров, С.С.Павлов,
В.Л.Преображенский*, И.Л.Сашин, Н.А.Экономов*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ
МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ
ИЗ ГЕМАТИТА

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

* Московский институт радиотехники, электроники
и автоматики

1986

Гематит α -Fe₂O₃ в магнитоупорядоченном состоянии является антиферромагнетиком с анизотропией типа "легкая плоскость". Для кристаллов данного класса характерно сильное взаимное влияние магнитной и упругой подсистемы /1/, что обуславливает существенную зависимость скорости звука, а следовательно и собственной частоты колебаний магнитоакустических резонаторов /2/, от напряженности магнитного поля. На основе магнитоакустических резонаторов могут быть созданы высокоточные магнетометры с частотным выходом, способные работать в сильно неоднородных магнитных полях, например в квадрупольных магнитных линзах ускорителей заряженных частиц.

Целью настоящей работы явилось исследование радиационной стойкости магнитоакустических резонаторов из гематита.

Методика исследований

Изучаемые резонаторы представляли собой диски диаметром 5,0±0,0 мм и толщиной 0,3±0,4 мм из чистого и примесного /2% Al/ гематита. Работа проводилась в двух направлениях: мгновенная реакция кристаллов на действие быстрых нейтронов в течение длительности импульса и изменение их свойств после длительных облучений. Воздействие импульсных нейтронных потоков на резонансную частоту, фазу и амплитуду колебаний намагниченности резонаторов исследовалось на II канале импульсного реактора ИБР-2 ЛНЭ ОИЯИ при его мощности 1 МВт со следующими параметрами потока /3/:

частота следования импульсов 5 Гц;
длительность импульса быстрых нейтронов 220 220 мкс;
импульсная плотность потока быстрых нейтронов (2,8±0,3) 10¹¹ н/см².

Непосредственно в момент воздействия нейтронов с помощью цифрового измерителя временных интервалов контролировался период свободно затухающих колебаний резонатора при его импульсном возбуждении на частоте резонанса. Одновременно с помощью осциллографа велось наблюдение за фазой и амплитудой колебаний намагниченности.

ОБЪЕДИНЕННЫЕ ИНСТИТУТЫ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Момент измерений синхронизировался с моментом вспышки реактора. Изменений контролируемых параметров не было зарегистрировано, дальнейшие исследования влияния накопления радиационных дефектов проводились при длительном облучении образцов в канале №1 установки "Регата" /4/. Средние значения плотности потоков нейтронов имели следующие величины:

медленные нейтроны	$(5,5 \pm 0,7) 10^{11}$ н/см ² с;
резонансные нейтроны	$(1,2 \pm 0,2) 10^{11}$ н/см ² с;
быстрые нейтроны	$(7,0 \pm 0,8) 10^{11}$ н/см ² с.

Температура в I канале (55 ± 3) С при мощности реактора ИБР-2 I МВт.

До облучения и при флюенсах 10^{18} н/см² и $2 \cdot 10^{18}$ н/см² измерялись зависимости собственной частоты, добротности и амплитуды колебаний намагниченности резонаторов от напряженности магнитного поля. Измерения проводились на установке, блок-схема которой показана на рис. 1.

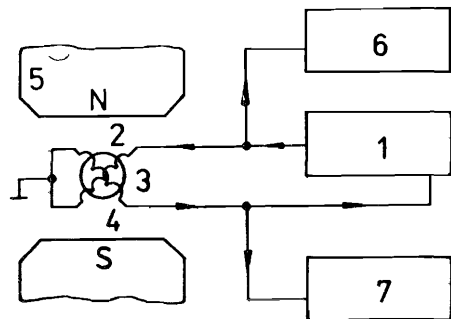


Рис. 1. Блок-схема установки для полевых зависимостей частоты, добротности и амплитуды колебаний намагниченности резонатора.

1-измеритель АЧХ, 2-катушка возбуждения, 3-резонатор, 4-измерительная катушка, 5-электромагнит, 6-частотомер, 7-вольтметр.

Высокочастотные электрические колебания от измерителя амплитудно-частотных характеристик /АЧХ/ I поступали на возбуждающую катушку 2, внутри которой помещался исследуемый резонатор 3. Частота электрического сигнала перестраивалась автоматически, и при совпадении её с собственной частотой резонатора в последнем возбуждались магнито-акустические колебания, наводящие ЭДС в измерительной катушке 4. Для снижения прямой передачи электрического сигнала с одной катушки на другую они наматывались взаимно перпендикулярно. Сигнал с измерительной катушки поступал на вход измерителя АЧХ. Исследуемый резонатор с

системой возбуждения помещался в зазор между полюсами электромагнита 5, создающего постоянное магнитное поле, напряженность которого можно изменять в диапазоне 0-3,0 кЭ. По ширине резонансной линии, наблюдаемой на экране измерителя АЧХ, определялась добротность резонатора. Частота и амплитуда колебаний намагниченности резонатора измерялись соответственно частотомером 6 и вольтметром 7 с точностью 0,1%.

Результаты исследований

Измерения показали, что при дозах облучения магнитоакустических резонаторов до $2,0 \cdot 10^{18}$ н/см² собственная частота и диапазон её перестройки магнитным полем не изменяются с точностью 0,1%. С увеличением дозы облучения происходит уменьшение добротности и амплитуды колебаний намагниченности резонаторов (рис. 2 и 3).

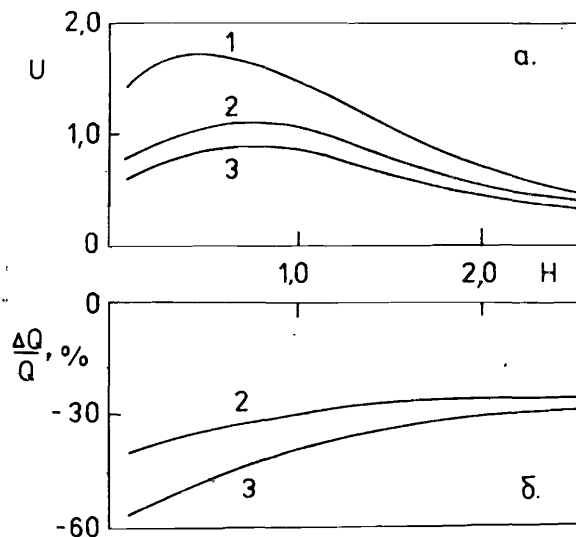


Рис. 2. Зависимости амплитуды колебаний намагниченности (мВ)/а/, относительного изменения добротности/б/ резонаторов из чистого гематита от напряженности магнитного поля (кЭ). 1-до облучения, 2-при флюенсе 10^{18} н/см², 3-при флюенсе $2 \cdot 10^{18}$ н/см².

Это может быть связано с накоплением в материале радиационных дефектов и их конденсацией в достаточно крупные неоднородности. Следует отметить, что в образцах с примесью алюминия изменения имеют меньшую величину, чем в образцах без примеси.

Исследование влияния интенсивности потока нейтронов на параметры резонаторов, проведенное непосредственно в процессе облучения на канале №II ИБР-2, показало, что при плотности потока в импульсе до $2,8 \cdot 10^{11}$ н/см² с изменений собственной частоты резонатора с точностью 0,05% не происходит.

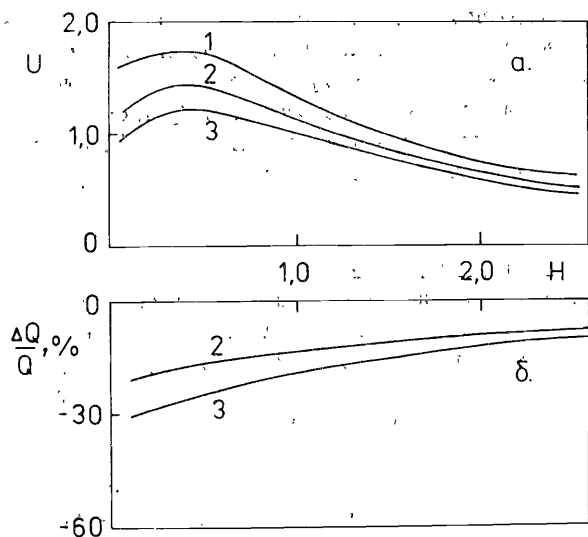


Рис.3. Зависимости амплитуды колебаний намагниченности (мВ)/а/, относительного изменения добротности Q /б/ резонаторов из примесного /2% Al/ гематита от напряженности магнитного поля (кЭ). 1-до облучения, 2-при флюенсе 10^{18} н/см², 3-при флюенсе $2 \cdot 10^{18}$ н/см².

Также не было зарегистрировано изменений амплитуды и фазы колебаний резонатора в момент воздействия нейтронных импульсов. Для сравнения приведём результаты исследования влияния ионизирующего излучения на частоту кварцевых резонаторов /5/: при флюенсе 10^{14} н/см² относительное изменение частоты резонатора составило 0,002%.

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать вывод, что устройства на основе магнитоакустических резонаторов из гематита с частотным представлением информации сохраняют работоспособность в импульсных нейтронных полях с плотностью быстрых нейтронов в импульсе $2,8 \cdot 10^{11}$ н/см² и при дозах облучения до $2 \cdot 10^{18}$ н/см² при плотности потока быстрых нейтронов в импульсе $(5,6 \pm 0,6) \cdot 10^{14}$ см⁻²с⁻¹.

Литература

1. Савченко М.А. ФТТ, 1964, т.6, №3, с.864-872.
2. Андрущак Е.А., Евтихийев Н.Н., Погожев С.А., Преображенский В.Л., Экономов Н.А. Акустический журнал, 1981, т.27, вып.2, с.170-178.
3. Назаров В.М., Переседов В.Ф., Сысоев В.П. - Краткие сообщения ОИЯИ №6-85, с.42-45.
4. Назаров В.М., Павлов С.С., Переседов В.Ф., Фронтасьева М.В. Краткие сообщения ОИЯИ, №6-85, с.37-41.
5. Курин М.Н., Кошелев Ф.П., Кривобоков В.П. и др. Электронная техника. Сер. Радиодетали и радиокомплексы, 1984, вып.1/54/, с.50.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 марта 1986 года.

Исследование радиационной стойкости магнитоакустических резонаторов из гематита

Исследуется радиационная стойкость магнитоакустических резонаторов из гематита (α -Fe₂O₃). Показано, что при облучении флюенсом быстрых нейтронов до $2 \cdot 10^{18}$ н/см², при плотности потока $(5,6 \pm 0,6) \cdot 10^{14}$ н/см²с, собственная частота резонаторов и диапазон ее перестройки магнитным полем не изменяются с точностью 0,1%, а амплитуда колебаний намагниченности уменьшается до 50%. Предполагается, что уменьшение амплитуды колебаний намагниченности связано с накоплением в материале радиационных дефектов и их конденсацией в крупные акустические неоднородности. Неизменность частотных характеристик позволяет утверждать, что устройства на основе магнитоакустических резонаторов из гематита с частотным представлением информации сохраняют работоспособность в нейтронных полях с плотностью потока быстрых нейтронов $5,6 \cdot 10^{14}$ н/см²с при дозе облучения до $2 \cdot 10^{18}$ н/см².

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Investigation of Radiation Resistance of Magnetoacoustic Resonators Prepared from Hematite

Radiation resistance of magnetoacoustic resonators from hematite (α -Fe₂O₃) is studied. It is shown that the resonator being irradiated with the fast neutron fluence up to $2 \cdot 10^{18}$ n/cm² (flux density $(5.6 \pm 0.6) \cdot 10^{14}$ n/cm²s) keeps within 0.1% accuracy of its own frequency and the range of returning under magnetic field action, while the amplitude of magnetization modes reduces to 50%. The latter is supposed to occur due to accumulation of radiation defects then condensed into large acoustic inhomogeneities. Firm frequency characteristics allow one to conclude that apparatus based on magnetoacoustic resonators from hematite with frequency representation of information keep stable operation in neutron fields, fast neutron being $5,6 \cdot 10^{14}$ n/cm²s, under irradiation dose up to $2 \cdot 10^{18}$ n/cm².

The investigations has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986