

- [6] Hunter K.L., McIntosh B.J. // Int. J. Mass Spectr. Ion Process. 1989. Vol. 87. P. 157-164.  
 [7] McIntosh B.J., Hunter K.L. // Int. J. Mass Spectr. Ion Process. 1989. Vol. 87. P. 165-179.  
 [8] Konenkov N.V., Kratenko V.I. // Int. J. Mass Spectr. Ion Process. 1991. Vol. 108. P. 115-136.  
 [9] Коненков Н.В., Силаков С.С. // ЖТФ. 1991. Т. 61. Вып. 3. С. 145-146.  
 [10] Todd F.G., Waldren P.M., Freer D.A., Turner R.B. // Int. J. Mass Spectr. Ion Phys. 1980. Vol. 35. P. 107-150.  
 [11] Коненков Н.В., Кратенко В.И., Могильченко Г.А., Силаков С.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. Вып. 15. С. 23-27.  
 [12] Коненков Н.В., Силаков С.С., Могильченко Г.А. и др. // ЖТФ. 1990. Т. 60. Вып. 1. С. 117-122.  
 [13] Коненков Н.В., Могильченко Г.А., Силаков С.С. // ЖТФ. 1990. Т. 60. Вып. 6. С. 128-132.

Научно-исследовательский  
 технологический институт  
 Рязань

Поступило в Редакцию  
 23 сентября 1991 г.

09;12  
 © 1992 г.

Журнал технической физики, т. 62, в. 9, 1992

## К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ СМЕЩЕНИЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ КОМПОЗИЦИОННОГО ФЕРРИТ-ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА

В.М.Лалетин

Известно, что под действием магнитного поля в резонаторах, изготовленных из композиционной керамики феррит-пьезоэлектрик, наблюдается смещение резонансной частоты <sup>[1,2]</sup>. В настоящее время существует два механизма, объясняющие это явление: 1) магнитное поле → деформация магнитной фазы → деформация пьезоэлектрической фазы → изменение упругих свойств пьезоэлектрической фазы → изменение упругих свойств композиционного материала → смещение резонансной частоты, 2) магнитное поле → деформация магнитной фазы → изменение упругих свойств магнитной фазы → изменение упругих свойств композиционного материала → смещение резонансной частоты.

Как видно из приведенных схем, смещение частоты определяется в первом случае изменением упругих свойств пьезоэлектрической фазы, во втором — изменением упругих свойств магнитной фазы. Необходимо отметить, что оба эти механизма реальны, поэтому нельзя отрицать существование какого-либо из них.

В работе <sup>[2]</sup>, исходя из качественного совпадения характера смещения частоты в резонаторах, изготовленных из композиционной керамики, и поведения модуля Юнга чистых ферритов в магнитных полях, делается заключение, что смещение частоты происходит вследствие изменения упругих свойств ферритовой фазы ( $\Delta E$ -эффект). Но такого вывода, основывающегося на аналогиях, недостаточно для строгого утверждения.

В связи с этим представляет интерес экспериментально оценить вклад каждого механизма в наблюдаемое явление. С этой целью был проведен

следующий эксперимент: рассматривалось поведение резонансной частоты двухслойной системы пьезоэлектрик-композиционный материал в магнитном поле. Причем в одном случае композиционный материал был не поляризован, т.е. частота могла изменяться только за счет изменения упругих свойств магнитной фазы, а в другом случае — поляризован, т.е. смещение частоты могло иметь место за счет изменения упругих свойств как пьезоэлектрической фазы, так и магнитной.

Для проведения эксперимента была изготовлена система, состоящая из двух цилиндров 5 мм и диаметром 6 мм, соединенных по осям эпоксидным клеем. Один цилиндр, изготовленный из чистого пьезоэлектрика на основе цирконата титаната бария свинца (ЦТБС), служит для возбуждения системы в резонанс. Второй изготовлен из композиционного материала, в качестве которого использовалась исследуемая в работах [1,2] двухфазная керамика систем феррит кобальта-ЦТБС и феррит никеля-титанат бария. В обоих случаях концентрация феррита составила 40 мас.%. Поляризация образцов осуществлялась при комнатной температуре в течение 1 ч. в электрическом поле 700 В/мм для кобальтсодержащей керамики и 150 В/мм для никельсодержащей керамики.

Результаты исследования влияния магнитного поля на резонансную частоту двухслойной системы пьезоэлектрик-композиционный материал представлены на рисунке. Отрицательное смещение частоты соответствует образцам, содержащим феррит кобальта, положительное — содержащим феррит никеля. Хорошо видно, что величина смещения и форма кривых как в случае исследуемых поляризованных материалов (кривые 1,2), так и неполяризованных (кривые 1',2') совпадают. Этот факт указывает на то, что поляризация образцов не оказывает заметного влияния на смещение частоты. Следовательно, влиянием изменения упругих свойств пьезоэлектрической фазы на данное явление можно пренебречь. Изменение упругих свойств композиционного материала, а вместе с ним и смещение частоты происходят в основном за счет изменения упругих свойств ферритовой фазы под действием магнитного поля.

Таким образом, на основании приведенных данных можно утверждать, что смещение резонансной частоты в резонаторах, изготовленных из композиционной керамики феррит-пьезоэлектрик, происходит за счет изменения упругих свойств магнитной фазы, т.е. имеет место  $\Delta E$ -эффект.

#### Список литературы

- [1] Гелясин А.Е., Лалетин В.М. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. Вып. 19. С. 1746–1748.
- [2] Гелясин А.Е., Лалетин В.М. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. Вып. 15. С. 26–28.

Витебское отделение  
Института физики твердого  
тела и полупроводников

Поступило в Редакцию  
2 октября 1991 г.