

ферритовые элементы работают в сильных электрических полях. Это привело к необходимости более детального исследования электрических свойств ферритов в этих условиях.

Испытательная установка (рис.1) представляла собой высоковольтный измерительный трансформатор I типа НОМ-10 (в другом варианте - силовой трансформатор типа ТМ25/10 с выходным напряжением 10 кВ), установленный в закрытой камере и снабженный системой релейной защиты 2, предотвращающей длительную работу трансформатора с перегрузкой, а также измерительными приборами 4 и 5 и осциллографом 6. Обмотка низкого напряжения трансформатора подключена к выходу регулируемого автотрансформатора 3 типа ЛАТР-1, выходное напряжение которого изменялось в пределах от нуля до 100 В.

На обмотке высокого напряжения трансформатора I напряжение изменялось соответственно от нуля до 10 кВ.

Исследованию подвергался образец феррита марки М400НН размерами 95x20x3 мм, на котором с помощью эпоксидного компаунда укреплены дополнительные изоляторы для предотвращения коронирования и перекрытия по поверхности.

В качестве электродов применялись стальные втулки диаметром 8 мм, введенные во внутреннюю полость изоляторов. Напряжение прикладывалось к исследуемому образцу как плавно, так и скачкообразно. В любом случае ток через образец не превышал десятков микроампер до тех пор, пока не было достигнуто напряжение лавинообразования. После достижения этого значения напряжения ток через образец лавинообразно возрастал во много раз и через несколько секунд защита отключала установку. Ток через образец измерялся с помощью осциллографа 6.

Сразу же после пробоя образца и отключения установки к образцу вновь прикладывалось напряжение, на 20% меньшее напряжения лавинообразования; при этом пробоя не наблюдалось и можно было увеличивать напряжение до прежнего значения.

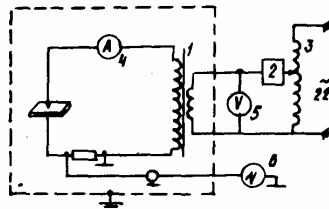


Рис.1. Экспериментальная установка, на которой снимались вольт-амперные характеристики ферритов

УДК 621.318.124

В.И.Гуревич, А.И.Покатаев, П.И.Савченко

Лавинный эффект в ферритах

Сообщается об экспериментальном обнаружении неизвестного ранее свойства ферритов - лавинообразного увеличения проводимости под действием сильного электрического поля и восстановления диэлектрических свойств после снятия поля. Приведены вольт-амперные характеристики ферритов некоторых марок.

Изучение электропроводности ферритов является одной из актуальных проблем физики твердого тела. Опытных данных по электропроводности ферритов несравненно меньше, чем об их магнитных свойствах, а теория начала принимать более точную и определенную форму лишь в последнее время, хотя первые исследования этого вопроса выполнены давно [1].

В основе современных представлений об электропроводности ферритов [2] лежит механизм обмена валентности, обусловленный переходом электронов между разновалентными ионами одного и того же элемента (так называемый "перескоковый механизм проводимости").

Основные экспериментальные данные по электропроводности ферритов получены для относительно слабых электрических полей. Однако в последнее время появились некоторые конструкции, например описанная в работе [3] и др., в которых

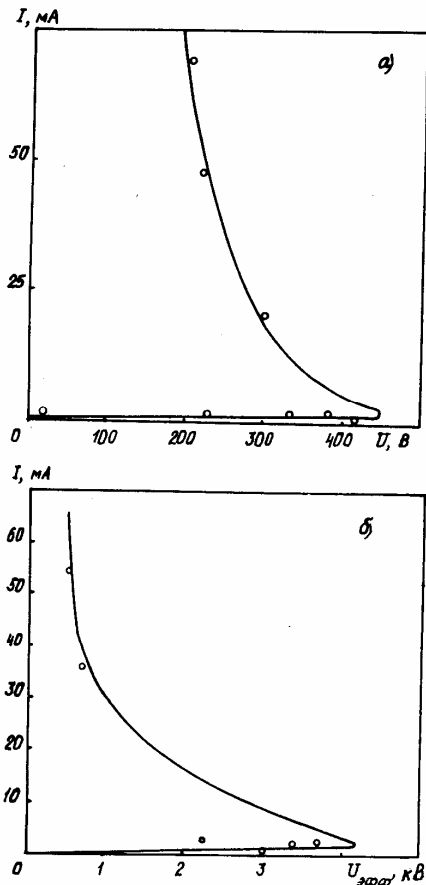


Рис.2. Вольт-амперная характеристика образца никель-цинкового феррита марки М400НН (а) и М600НН (б)

Эксперимент повторялся неоднократно с теми же результатами.

Вольт-амперная характеристика образцов феррита марки М400НН и М600НН (диаметр 7, длина 10 мм, цилиндрическая форма) приведена на рис.2. Исследованиям подвергались также и образцы марганец-цинковых ферритов тороидальной формы М1000НМ с размерами 20x12x5 мм.

Марганец-цинковые ферриты имеют напряжение лавинообразования порядка десятков – сотен вольт, и их исследование проводилось на низковольтной установке с плавно изменяющимся выходным напряжением 0–250 В (50 Гц). Образцы снабжались теплоотводящими радиаторами.

Вольт-амперная характеристика образцов марки М1000НМ приведена на рис.3. Существенные различия электропроводности (а следовательно, и напряжения лавинообразования) никелевых и марганцевых ферритов объясняются в работе [4] более высокой энергией активации никелевых ферритов

(до 0,7 эВ) по сравнению с марганцевыми (0,3 эВ), что обусловлено большими расстояниями между энергетическими уровнями ионов Fe^{3+} и Ni^{2+} , чем ионов Fe^{3+} и Mn^{2+} .

Механизм наблюдаемого явления полностью пока неясен, однако, учитывая аномальные свойства электропроводности при возрастании температуры и возможность скачкообразного изменения сопротивления на несколько порядков [2], можно предположить тепловое возбуждение структуры в сильном электрическом поле и возникновение лавинного пробоя при достижении критической температуры.

Обнаруженное явление, независимо от его истинного механизма, может иметь большое практическое значение, поскольку напряжение лавинооб-

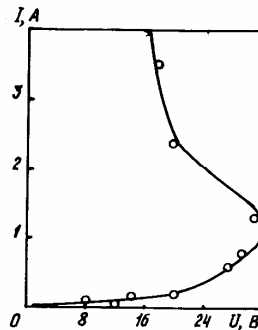


Рис.3. Вольт-амперная характеристика образца марганец-цинкового феррита марки М1000НМ

разования у никель-цинковых ферритов (например, М400НН, М600НН, М1000НН и др.) составляет 500–1000 В на 1 мм толщины. В некоторых случаях феррит может прийти на смену р-п переходам в кремнии и послужить основой для создания класса новых твердотельных приборов, работающих в области высоких напряжений. Например, уже сейчас очевидно способность феррита выполнять роль основного активного элемента в высоковольтных ограничителях напряжения, например, для защиты тиристоров. При этом вольт-амперная характеристика феррита является вполне конкурентноспособной с ВАХ приборов подобного назначения, например, оксидноцинковых варисторов [5], а рабочее напряжение ферритового элемента может быть в десятки раз выше. При снижении остаточного напряжения в режиме лавинного пробоя не исключена возможность создания управляемых приборов типа тиристоров. Кроме того, зависимость удельного сопротивления ферритов от магнитного упорядочения структуры [6] открывает широкие перспективы в создании высоковольтных приборов, управляемых одновременно электрическим и магнитным полем.

ЛИТЕРАТУРА

I. Wagner C. u.a. Zs.Phys.Chem., 1933, Bd.22, S.181.

2. Крупицка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов: Пер. с нем. под ред. А.С.Пахомова. - Т.2. - М.: Мир, 1976. - 504 с.

3. А.с. 801129 (СССР). Высоковольтный переключатель на герконе/ В.И.Гуревич, П.И.Савченко. Оpubл. в Б.И., 1981, № 4.

4. Lotgering F.K. J. Phys. Chem. Solids, 1964, v.25, p.95.

5. Характеристики нового типа ограничителей напряжения - оксидно-цинковых варисторов/ В.А.Долгих, А.Я.Караченцев, Н.Ф.Оленцкая и др. - Электротехническая промышленность. Сер. Преобразовательная техника, 1975, вып.8(67), с.5-6.

6. Яковлев Ю.М., Генделев С.Ш. Монокристаллы ферритов в радиоэлектронике. - М.: Сов. радио, 1975. - 360 с.

Статья поступила с доработки
3 июня 1981 года.
