

03

## Самоорганизация слоя магнитной жидкости в сильных электрических полях

© В.М. Кожевников, И.Ю. Чуенкова, М.И. Данилов, С.С. Ястребов

Северо-Кавказский государственный технический университет,  
Ставрополь  
E-mail: kvm@stv.runnet.ru

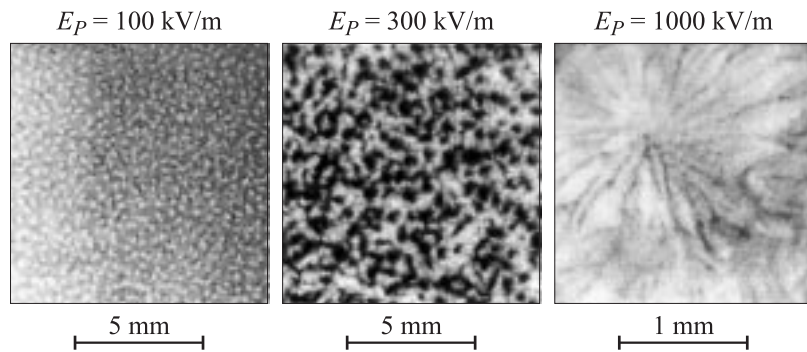
Поступило в Редакцию 20 апреля 2005 г.

Исследовано влияние поляризующего напряжения на электрические свойства слоя магнитной жидкости, заполняющего межэлектродное пространство плоскопараллельного конденсатора, включенного в последовательный резонансный контур. В слое магнитной жидкости зарегистрированы образование, развитие и самоорганизация агрегатов размером порядка единиц миллиметров, которые влияют на его электрофизические свойства.

Изменение электрофизических свойств магнитной жидкости при наличии структурных образований в электрических полях изучалось во многих работах [1–3]. Авторами исследовалось образование структур при воздействии слабых электрических полей напряженностью до 400 kV/m. Было установлено, что средний размер структурных образований не превышал единиц микрон, их появление связывалось с повышением концентрации дисперсной фазы вблизи электродов и последующим агрегированием. Процесс агрегирования интерпретировался на основе термодинамических представлений о фазовых переходах. Известно, что в результате сильных внешних воздействий на различные среды могут появиться качественно новые структурные образования, связанные с явлениями самоорганизации.

Целью настоящей работы является исследование электрофизических свойств слоя магнитной жидкости в сильных электрических полях.

Электрическая схема экспериментальной установки представляла собой последовательный колебательный контур. В его состав входили стандартная катушка индуктивности  $L = 0.22$  Н и конденсатор, выполненный в виде двух плоскопараллельных стеклянных пластин с односторонним проводящим покрытием, между которыми находится слой магнитной жидкости [3]. Толщина слоя магнитной жидкости определялась диэлектрической прокладкой, конструкция ячейки позволяла



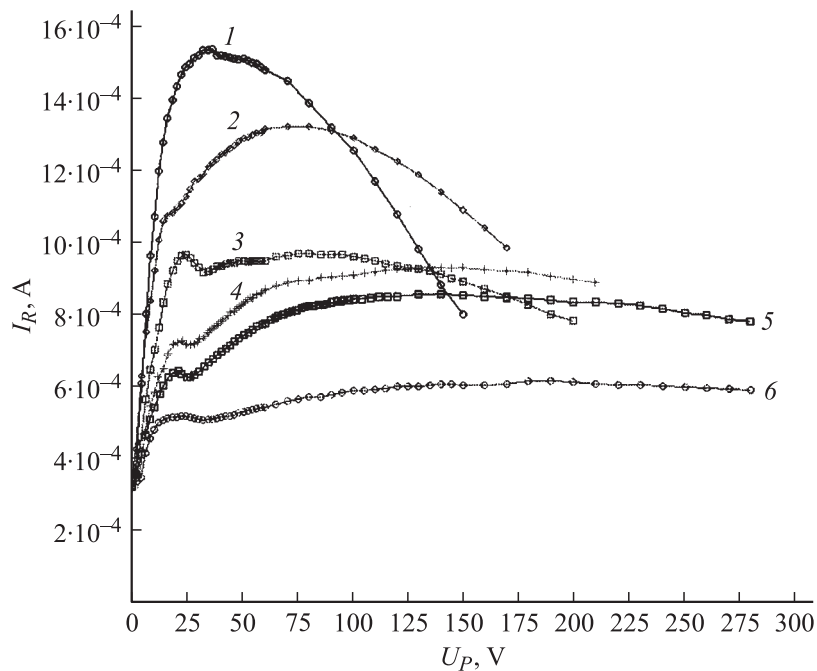
**Рис. 1.** Самоорганизация слоя магнитной жидкости под действием различной величины поляризирующего электрического поля.

подавать постоянное электрическое поле ( $E_p$ ) напряженностью до 5000 kV/m. Использовалась магнитная жидкость на основе керосина с магнетитовыми частицами, стабилизированными олеиновой кислотой, с объемной концентрацией твердой фазы  $\varphi = 2\%$ .

На вход последовательного колебательного контура от генератора подавалось напряжение синусоидальной формы с действующим значением  $U = 1.5\text{ V}$  и изменяемой частотой. Резонанс достигался изменением частоты входного напряжения и определялся по максимуму переменного тока через контур. Ток в контуре вычислялся по падению напряжения на шунте  $R_s = 100\ \Omega$ , измеряемого вольтметром. Поляризирующее напряжение подавалось на ячейку от источника постоянного напряжения и регистрировалось вольтметром.

В проходящем свете визуально зарегистрированы структурные образования размером 0.1... 5 mm, форма и размер которых изменяются в зависимости от величины поляризирующего напряжения и времени его воздействия. Так, при повышении напряженности поляризирующего электрического поля структурные образования увеличиваются и переходят сначала из ячеистых в лабиринтные, а затем во фрактальные кластеры (рис. 1). Одновременно проводимые наблюдения в отраженном свете интерференционной картины на поверхности ячейки показали наличие автоволновых процессов.

Представленные на рис. 2 изменения резонансного тока в зависимости от поляризирующего напряжения для каждой толщины слоя



**Рис. 2.** Изменение резонансного тока контура от поляризующего напряжения при толщине слоя магнитной жидкости  $d$  с  $\varphi = 2\%$ : 1 —  $d = 20 \mu\text{m}$ ; 2 —  $d = 40 \mu\text{m}$ ; 3 —  $d = 80 \mu\text{m}$ ; 4 —  $d = 110 \mu\text{m}$ ; 5 —  $d = 150 \mu\text{m}$ ; 6 —  $d = 220 \mu\text{m}$ .

обусловлены изменением проводимости ячейки. В свою очередь изменение проводимости происходит вследствие возникновения агрегатов, их структурирования и самоорганизации. Чем меньше толщина слоя магнитной жидкости, тем значительнее изменение резонансного тока под воздействием электрического поля. Наблюдаемые структуры при толщине слоя  $20 \dots 40 \mu\text{m}$  под воздействием поляризующего напряжения  $20\text{--}30 \text{ V}$  имеют вид вихрей с расходящимися от центра спиральными волнами (рис. 1). Наличие максимума резонансного тока для слоя магнитной жидкости  $80 \dots 220 \mu\text{m}$  в диапазоне поляризующих напряжений  $20\text{--}30 \text{ V}$  связано с синхронизацией автоволновых процессов. Увеличение толщины слоя от  $80$  до  $220 \mu\text{m}$  не влияет на характер

зависимости резонансного тока от поляризующего напряжения. Наблюдается хорошая повторяемость результатов, случайная ошибка не превышает 1.5%.

Установлено, что величина резонансного тока контура, а следовательно, и проводимость ячейки в отсутствие поляризующего напряжения не зависят от толщины слоя магнитной жидкости. Откуда следует, что при данных условиях электрические свойства определяются приэлектродными областями, которые обладают низкой проводимостью. Воздействие поляризующего напряжения на ячейку с магнитной жидкостью приводит к возникновению согласованного движения носителей заряда, проявлением которого являются наблюдаемые структурные образования. Изменение характера зависимости резонансного тока контура от поляризующего напряжения при уменьшении толщины слоя магнитной жидкости связано с уменьшением количества частиц магнетита в межэлектродном пространстве, участвующих в образовании диссипативных структур.

## Список литературы

- [1] *Kozhevnikov V.M., Morozova T.F.* // Magnetohydrodynamics. 2001. V. 37. N 4. P. 383–388.
- [2] *Dikansky Yu.I., Nechaeva O.A.* // Magnetohydrodynamics. 2002. V. 38. N 3. P. 287–291.
- [3] *Kozhevnikov V.M., Larionov J.A., Chuenkova I.J.* et al. // Magnetohydrodynamics. 2004. V. 40. N 3. P. 269–280.