

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КРИТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ФРЕДЕРИКСА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА МВВА И ФЕРРОНЕМАТИЧЕСКОЙ СУСПЕНЗИИ НА ЕГО ОСНОВЕ

О. О. Пермякова, В. А. Попов

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Измерена температурная зависимость порогового поля Фредерикса для чистого МВВА и ферронематической суспензии на его основе с объемной долей частиц $f = 4 \cdot 10^{-4}$. В качестве частиц используются сферические частицы магнетита (Fe_3O_4). Диапазон выбранных температур 18 – 34 °С с шагом в 4 °С.

Ключевые слова: жидкий кристалл; ферронематик; переход Фредерикса

EXPERIMENTAL RESEARCH OF DEPENDENCE OF THE CRITICAL MAGNETIC FIELD ON TEMPERATURE FOR MBVA AND MBVA - BASED FERRONEMATIC

O. O. Permyakova, V. A. Popov

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

The obtained dependence of the critical magnetic field on temperature for clear MBVA and MBVA-based ferronematic doped with spherical particles Fe_3O_4 with volume fraction of particles $f = 4 \cdot 10^{-4}$. In a range of temperature 18 – 34 °C with the step 4 °C.

Keywords: liquid crystal; ferronematic; Freedericksz transition

Ферромагнитная суспензия жидких кристаллов (ЖК), где в качестве ЖК используется нематический жидкий кристалл (НЖК), называют ферронематической смесью или ферронематиком (ФН). В данной работе в качестве НЖК используется МВВА (4-метоксибензилиден-4'-бутиланилин), а в качестве магнитной примеси – сферические частицы магнетита (Fe_3O_4).

Основной характеристикой ЖК является директор - единичный вектор, описывающий преимущественное расположение длинных осей молекул ЖК.

Целью данной работы является исследование критического поля Фредерикса в зависимости температуры. Данный переход был впервые обнаружен В. К. Фредериксом и носит пороговый характер. Так при приложении достаточного большого электрического или магнитного поля происходит переход из конфигурации с однородным расположением директора в конфигурацию с деформированным расположением. Значение поля, при котором происходит деформация, называют критическим полем [1].

Подобное исследование проводилось ранее, так в статье [2] исследована зависимость критического поля Фредерикса в зависимости от объемных долей частиц Fe_3O_4 в МВВА при различных температурах; а также рассчитана поверхностная плотность энергии сцепления, как частиц нематика так и магне-

тика. Основным отличием от данной работы является способ измерения концентрации. Так, в работе [2] концентрация измеряется как отношение количества изначально добавленного магнетита к количеству ЖК, а в нашей работе концентрация измеряется после перемешивания т.е. не учитываются частицы не сцепившиеся с матрицей.

Для измерения диэлектрических характеристик МВВА и суспензий на его основе была изготовлена измерительная планарная ячейка типа «сэндвич» толщиной 25 мкм и размером рабочей зоны 10x10 мм. Планарная ориентация директора обеспечивалась нанесением на поверхность стекла тонкого слоя поливинилового спирта с последующим натиранием его в одном направлении ворсовым материалом. Также предварительно была изготовлена ферронематическая суспензия с объемной долей магнитных частиц $f = 4 \cdot 10^{-4}$. Объемная доля ферромагнетика измерялась денсиметрическим методом.

В ходе работы исследовалась зависимость ёмкости ячейки, заполненной исследуемым образцом, от индукции внешнего магнитного поля.

Экспериментальная установка состояла из электромагнита ФЛ-1, создававшего однородное магнитное поле. Питание электромагнита осуществлялась с помощью стабилизированного источника питания Gwinstek GPR7510HD. Ячейка, заполненная образцом, помещалась перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, величина которого измерялась с помощью универсального тесламетра 43205. Измерение ёмкости ячейки без образца и заполненной образцом, производилось с помощью прецизионного анализатора RCL Wayne Kerr 6500B на частоте 10 кГц. Для поддержания заданной температуры ячейка помещалась в термостатирующую оболочку, через полости которой прокачивалась вода от струйного ультратермостата VT-14. Температура ячейки измерялась с помощью термопары цифрового измерителя температуры Center 306.

Измерения производились в диапазоне температур 18 – 34 °С, включающего в себя жидкокристаллическую фазу суспензии, с шагом в 4 °С.

На рис. 1 представлены графики зависимости ёмкости ячейки, заполненной МВВА, от магнитного поля для различных температур. Графики, приведенные здесь и на рис. 2 построены с учетом нормировки:

$$C' = \frac{C - C_{min}}{C_{max} - C_{min}}$$

Графики для ФН выглядят аналогичным образом, поэтому они не представлены. Для некоторых температур приведены графики сравнения ёмкости ячейки, заполненной чистым МВВА и ФН (рис. 2). Как видно из данных графиков ёмкость заполненной ячейки во всем диапазоне температур начинает уменьшаться не сразу, а лишь при некотором значении магнитного поля – это поле и является критическим полем Фредерикса. Числовые значения поля Фредерикса определялись методом экстраполяции: так по самому крутому участку зависимости ёмкости от магнитного поля проводится прямая до пересечения с линией, соответствующей ёмкости до начала перехода.

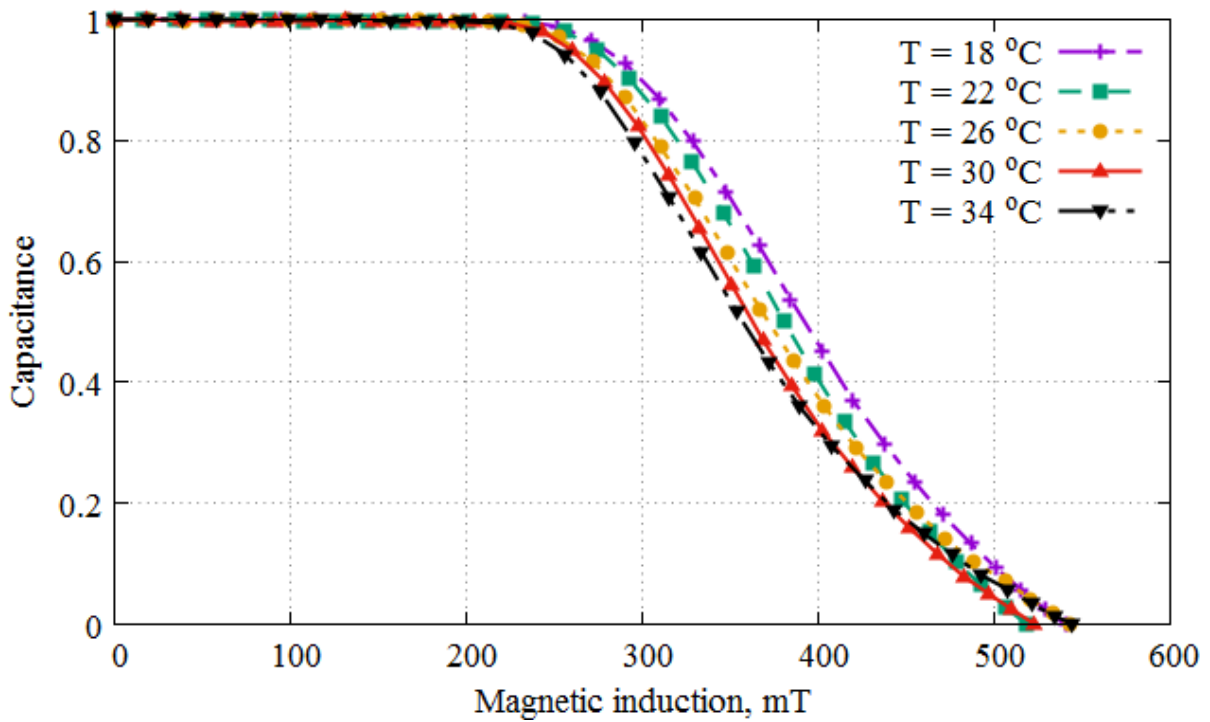


Рис. 1. Зависимость емкости ячейки, заполненной МВВА от магнитного поля при различных температурах

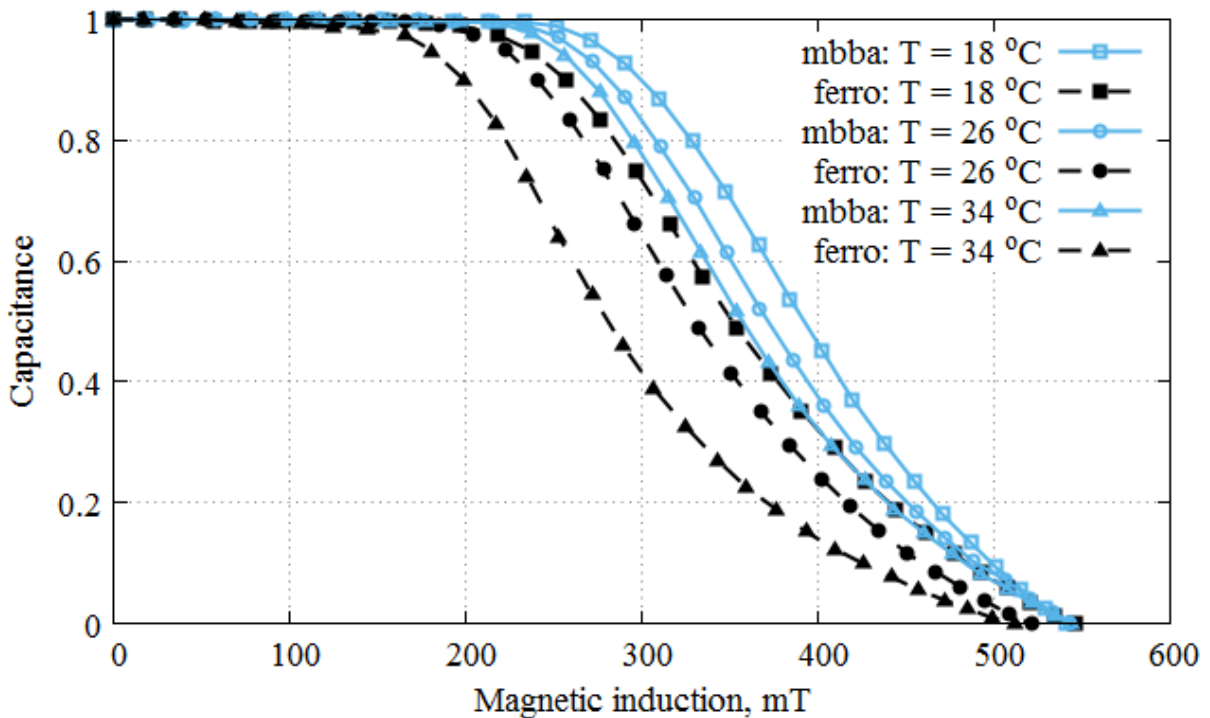


Рис. 2. Сравнение зависимостей емкостей ячейки чистого нематика (сплошная линия) и ферронематика (пунктир) от магнитного поля и температуры

Отметим, что значение критического поля уменьшается при увеличении температуры. Анализ данных, представленных на рис. 2 позволяет заключить, что сцепление частиц магнетита с ЖК матрицей является планарным т.к. поле перехода для ФН заметно ниже, чем для чистого МВВА.

Используя результаты измерения зависимостей емкости ячейки, заполненной чистым МВВА (рис. 1) или ФН, от температуры были найдены средние значения критического поля, график зависимости которого от температуры с учетом погрешностей приведен на рис. 3.

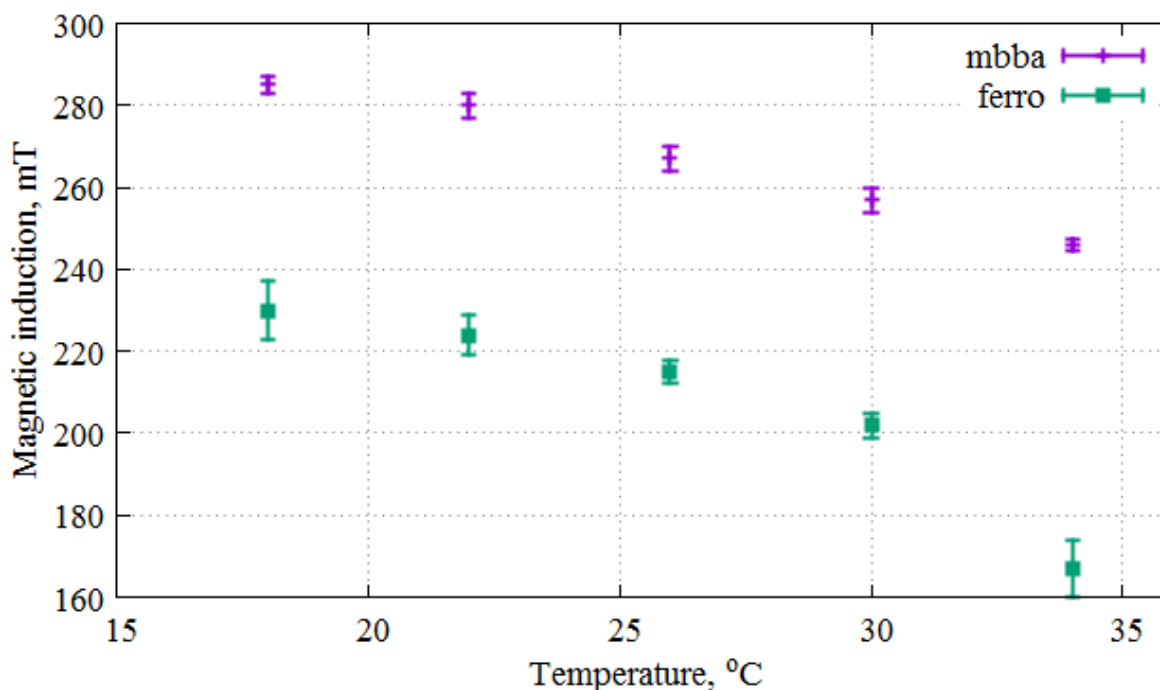


Рис. 3. Зависимость порогового поля от температуры для чистого МВВА («плюсы») и для ФН («квадраты»)

Из графика зависимости порогового поля от температуры (рис. 3) можно заключить, что оно изменяется на постоянную величину при добавлении феррочастиц при температурах от 18 °С до 30 °С. Но при температуре в 34 °С наблюдается заметное отклонение, что может являться следствием ошибки измерений, либо неустойчивости структуры близости точки перехода в изотропную фазу. Отметим также, что во всем исследованном диапазоне температур при увеличении температуры значения порогового поля для каждого из веществ убывает.

Список литературы

1. П. де Жен. Физика жидких кристаллов. М.: Мир, 1977. 400 с.
2. Tomasovicova N., Koneracka M., Kopcansky P., Timko M., Zavslova V., Jadzyn J. Temperature dependence of the critical magnetic field of the structural transition in MBVA – based ferronematics // Phase Transitions. 2006. Vol. 79. P.595–603.