

10-Электрофизика

Квирая Илона Аршалиевна, ассистент
Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет, ФЕНиГО
Физические и технические аспекты металлизации пьезокерамики в СВЧ-электромагнитных полях
Научный руководитель: Пугачев С.И., д.т.н.
E-mail: wern@bk.ru стр. 368

Насачёв Антон Геннадьевич, аспирант 3 года
Волгоградский Государственный Технический Университет, электроники и вычислительной техники
Формирование релятивистского ленточного электронного потока в скрещенных полях при неоднородной электрической составляющей
Научный руководитель: Шеин Александр Георгиевич, д.ф-м.н.
E-mail: physics@vstu.ru стр. 368

Подобаев Виталий Сергеевич, аспирант 1 года
Институт Ядерной Физики СО РАН, аспирантура ИЯФ СО РАН
Триодная высокочастотная пушка для промышленного ускорителя ИЛУ-10
Научный руководитель: Панфилов Александр Дмитриевич, кандидат технических наук
E-mail: vit21@ngs.ru стр. 369

Романов Роман Николаевич, ассистент
Волгоградский Государственный Университет, физический
Информационные возможности для синтеза адаптивных систем в физическом эксперименте
Научный руководитель: Заярный Вячеслав Петрович, д.ф-м.н.
E-mail: rrn2000@mail.ru стр. 370

Романов Роман Николаевич, ассистент
Волгоградский Государственный Университет, физический
О влиянии электрических полей радиочастотного диапазона на носители зарядов в слоях твердотельных структур
Научный руководитель: Заярный Вячеслав Петрович, д.ф-м.н.
E-mail: rrn2000@mail.ru стр. 370

Смерек Юлия Леонтьевна, ассистент
Ставропольский Государственный Университет, физико-математический
Влияние концентрации ПАВ на электропроводность магнитной жидкости
Научный руководитель: Закинян Роберт Гургенович, д.ф-м.н.
E-mail: zakinyan@mail.ru стр. 372

Физические и технические аспекты металлизации пьезокерамики в СВЧ-электромагнитных полях

Квирая Илона Аршалбиевна

Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет

Пугачев Сергей Иванович, д.т.н.

wern@bk.ru

В работах [1-3] показана эффективность использования высокочастотного (ВЧ) электрического поля для металлизации способом «вжигания» серебра пьезокерамических материалов – поликристаллических сегнетоэлектриков системы цирконата-титаната свинца (ЦТС).

Анализ результатов этих работ определил целесообразность повышения частоты поля, обусловленную, в первую очередь, физическими особенностями воздействия поля на рассматриваемые материалы. В то же время переход на более высокие, в частности на сверхвысокие частоты (СВЧ), обуславливает необходимость проведения комплекса теоретических, экспериментальных и технологических исследований нового процесса металлизации.

В статье представлены результаты физического моделирования процесса СВЧ-металлизации пьезокерамики системы ЦТС серебросодержащей пастой, результаты экспериментального исследования зоны контакта пьезокерамика – металл, а также элементы технологии СВЧ-металлизации пьезокерамических образцов выбранных типоразмеров.

Задача физического моделирования процесса металлизации пьезокерамики выбранного состава (материал ЦТСНВ-1) в электромагнитном поле сверхвысокой частоты представляется достаточно сложной. Это обусловлено, прежде всего, отсутствием данных о диэлектрическом спектре пьезокерамики, т.е. данных экспериментального определения диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в материале ЦТСНВ-1 в параэлектрической фазе в требуемом при нагреве в СВЧ-поле диапазоне температур. В связи с этим в статье предварительно анализируются результаты работ, посвященных исследованию дисперсии диэлектрических характеристик моно- и поликристаллических сегнетоэлектриков.

Непосредственными результатами моделирования явилось приведенное в статье обоснование выбора для металлизации пьезокерамики электромагнитного поля СВЧ-диапазона, а также обоснование оптимального способа передачи энергии СВЧ-поля в металлизированные образцы.

Экспериментальное исследование зоны контакта, образующейся при СВЧ-металлизации в системе пьезокерамика – металл, проводилось методом электроннозондового микроанализа. Полученные в зоне контакта распределения элементов и, в первую очередь серебра, показали, что способ СВЧ-металлизации обеспечивает формирование развитой области взаимодействия в системе покрытие – подложка. Показано, что воздействие СВЧ-поля приводит к увеличению глубины проникновения серебра в пьезокерамику за счет ускорения диффузионных процессов.

При разработке элементов технологии СВЧ-металлизации пьезокерамики ЦТСНВ-1 обоснован выбор технологического оборудования, разработаны режимы металлизации применительно к образцам в форме дисков с различным отношением диаметра к высоте и определены основные электрофизические параметры пьезокерамических элементов (ПКЭ). Анализ полученных результатов показал большие возможности, заложенные в новой технологии металлизации, для создания высокоэффективных ПКЭ при одновременном сокращении продолжительности процесса.

Список публикаций:

[1] Пугачев С.И. «Температурустойчивые функциональные покрытия». –СПб, 1997. Ч. 1. –С. 120-127.

[2] Богомолов А.А., Большакова Н.В., Иванов В.В. и др. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. -Тверь, ТГУ, 2000. –С. 124-130.

[3] Лезуша Ф.Ф., Лифсон В.Э.-Я., Попов Н.М. и др. «Фундаментальные проблемы пьезоэлектрического приборостроения». –Тверь, 2002. –С. 150-154.

Формирование релятивистского ленточного электронного потока в скрещенных полях при неоднородной электрической составляющей

Насачёв Антон Геннадьевич

Волгоградский Государственный Технический Университет

Шеин Александр Георгиевич, д.ф.м.н.

physics@vstu.ru

В данной работе рассматривается релятивистская электронная пушка М-типа. Магнитное поле B_0 однородно и направлено вдоль оси y , электрическое поле неоднородно и имеет две составляющие: E_x, E_z (см. рис. 1). С некоторой площадки S_T на катоде происходит электронная эмиссия.

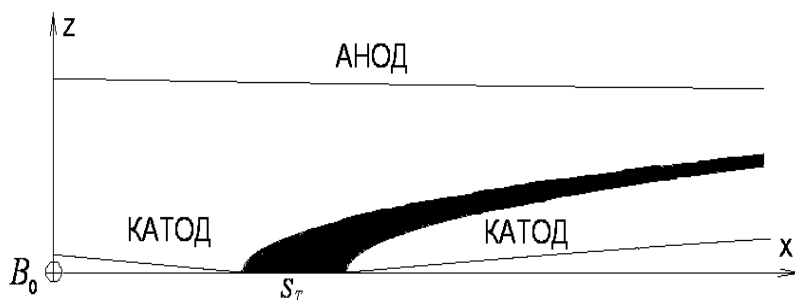


рис. 1

В ходе работы получены следующие результаты.

1. Подобрано распределение электрического поля на траектории частицы таким образом, чтобы эта траектория (1) была параболической:

$$x - x_0 = \frac{\left| \frac{e}{m} \right| B_0 \sqrt{1 - \frac{v_{z0}^2}{c^2}}}{2v_{z0}} (z - z_0)^2, \quad (1)$$

где x_0, z_0 – начальные координаты частицы; v_{z0} – z-ая компонента начальной скорости частицы; c – скорость света; e, m – заряд и масса электрона.

2. Аналитически рассчитана структура поля в полупространстве $z > 0$.

3. Рассчитана форма электродов.

Триодная высокочастотная пушка для промышленного ускорителя ИЛУ-10

Подобаев Виталий Сергеевич

Ауслендер Вадим Леонидович, Кузнецов Геннадий Иванович, Макаров Иван Григорьевич, Острейко Геннадий Николаевич, Панфилов Александр Дмитриевич, Тарнецкий Владимир Владимирович, Тиунов Михаил Александрович, Ткаченко Вадим Олегович

Институт Ядерной Физики СО РАН

Панфилов Александр Дмитриевич, к.т.н.

vit21@ngs.ru

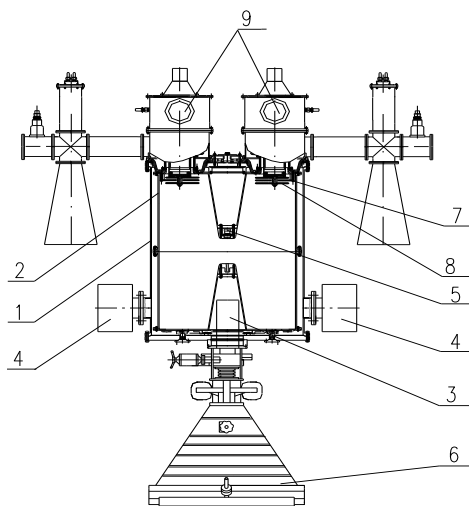


рис.1 Ускоритель ИЛУ-10. 1 - вакуумный бак, 2 - медный тороидальный резонатор, 3 - магнитная линза, 4 - магниторазрядные насосы, 5 – катодно-сеточный узел, 6 - выпускное устройство, 7 - опоры пелти связи, 8 - вакуумный конденсатор, 9 - ВЧ генераторы.

Важным элементом любого линейного высокочастотного ускорителя электронов является электронная пушка с соответствующей схемой инжекции в первый ускоряющий зазор. Причем, в последнее время всё чаще находят применение системы инжекции с применением триодной ВЧ пушки. У такой пушки для формирования сгустков электронов помимо постоянных потенциалов используется переменное ВЧ напряжение, приложенное к промежутку сетка – катод. Как правило, такая электронная пушка работает в режиме класса С.

Дальнейшим усовершенствованием и одновременно упрощением системы инжекции с использованием триодной высокочастотной пушки является отказ от применения постоянного анодного напряжения. Данная система инжекции нашла применение в импульсных высокочастотных ускорителях электронов серии ИЛУ, разработанных в ИЯФ СО РАН и предназначенных для использования в различных радиационных промышленных процессах (рис.1). Отличительной особенностью данных ускорителей является использование так называемой «внутренней» инжекции, когда катод

электронной пушки с управляющей сеткой располагается непосредственно на входе ускоряющего зазора. Анодом данной системы служит противоположный электрод ускоряющего зазора резонатора.

Настоящая работа посвящена описанию триодной высокочастотной пушки для внутренней инъекции электронов в ускоряющий резонатор, в которой для сужения фазовой протяженности сгустков тока используется дополнительная подача внешнего высокочастотного напряжения на промежуток сетка-катод. Приведены экспериментальные результаты проверки работы пушки на однорезонаторном импульсном ускорителе ИЛУ – 10 с энергией 5 МэВ и средней мощностью 50 кВт на частоте 116,3 МГц.

Целью работы являлось обобщение результатов по использованию дополнительного внешнего ВЧ напряжения, приложенного к промежутку сетка – катод электронной пушки, что привело к заметному улучшению спектра ускоренного пучка и, соответственно, увеличению выхода тормозного излучения при его сбросе на конверсионную мишень.

О влиянии электрических полей радиочастотного диапазона на носители зарядов в слоях твердотельных структур

Романов Роман Николаевич

Смирнов Константин Олегович

Волгоградский Государственный Университет

Заярный Вячеслав Петрович, д.ф-м.н.

rrn2000@mail.ru

На сегодняшний день весьма актуальным является вопрос повышения ВЧ-свойств микроэлектронных приборов на основе твердотельных гетероструктур типа МДП. Проведенные эксперименты [1] показывают, что наиболее ВЧ процессы, связанные с перемещением сигнальных зарядовых пакетов в поверхностной области полупроводника вблизи границы раздела диэлектрик-полупроводник обусловлены наличием моноэнергетических уровней, для которых эффективный частотный фактор (ω_3) в нашем случае достигает значений 10^{10} Гц. Так, зависимость потери заряда при его переносе, от частоты электрического поля, для различных значений ω_3 , свидетельствует об уменьшении потерь заряда при увеличении значения ω_3 . Полученные зависимости потерь сигнального заряда при его переносе от частоты прикладываемого электрического поля хорошо согласуется с уравнением [2]:

$$w_{ss} = \left[n_n k T_m \int_{T_0}^{T_k} I(T) / \beta dT \right] / \left\{ E_t C_d V_g \cdot \exp \left[1 - \ln \left(f_T / \omega_3 \right) \right] \right\} \quad (1)$$

где n_n – количество переносов зарядового пакета ($n_n=32$); T_m – температурное положение максимума пика термостимулированного тока (ТСТ) деполяризации; T_0-T_k – температурный интервал интегрирования по ширине пика ТСТ; $I(T)$ -график ТСТ; β -скорость изменения температуры; E_t – энергетическое положение моноэнергетического уровня; C_d – емкость диэлектрика исследуемой гетероструктуры; V_g – приложение к ее затвору напряжения; f_T – частота электрического поля (импульсов переноса заряда).

Список публикаций:

[1]. Заярный В.П. *Радиофизические свойства твердотельных слоистых структур с зарядовой связью: методы и информационные возможности для их определения.* М.: Радио и связь. 2001.

[2]. Заярный В.П. *Особенности зарядовых процессов, определяющих высокочастотные свойства гетероструктур для приборов с зарядовой связью.*//Тезисы доклада на Международную конференцию “Физика и технические приложения волновых процессов”, 2001. Самара. 2001. С. 92.

Информационные возможности для синтеза адаптивных систем в физическом эксперименте

Романов Роман Николаевич

Смирнов Константин Олегович

Волгоградский Государственный Университет

Заярный Вячеслав Петрович, д.ф-м.н.

rrn2000@mail.ru

Проведение комплексных физических экспериментов, реализующих несколько методов определения искомых характеристик объекта исследования, предполагающих оптимизацию измерительных цепей системы и управление ее характеристиками в ходе эксперимента с целью сохранения их оптимальности, требует придания ей свойств адаптивности к изменяющимся условиям текущего эксперимента. В современном эксперименте

реализация подобных систем связана с применением процессорных средств (ЭВМ) и разработкой экспертных систем (ЭС).

К подобным экспериментальным системам относятся, в частности, системы для исследования зарядовых процессов в гетероструктурах, охваченных зарядовой связью, при воздействии внешних полей радиочастотного диапазона и их частотных свойств. При этом должна обеспечиваться возможность производить измерения физических величин (ФВ) с предельно достижимой точностью.

Все исходные данные, необходимые для осуществления синтеза измерительных цепей разрабатываемой оптимальной адаптивной системы, можно получить из анализа требований реализуемых экспериментов. При этом должны быть известны количество методов определения ФВ (k), количество измеряемых ФВ (n), их частотный ($f_{\min} \div f_{\max}$) и амплитудный ($s_{\min} \div s_{\max}$) диапазоны (если в виде напряжения, то ($u_{\min} \div u_{\max}$)), наличие аддитивных помех $n_s(t)$, длительность эксперимента ($T_{ЭКСП}$) и необходимость формирования сигналов управления характеристиками системы ($S_{УПР}$).

В общем случае основные характеристики, вытекающие из требований эксперимента, можно представить последовательностью (V_S):

$$V_S = \left\{ k; n; \left\{ \left[(f_{\min} \div f_{\max}), (s_{\min} \div s_{\max}), (u_{\min} \div u_{\max}), n_s(t) \right]_{СИГ_i} \right\}_{i=1}^n; T_{ЭКСП}; S_{УПР} \right\} \quad (1)$$

Для осуществления синтеза оптимальных измерительных цепей в составе адаптивной системы требуется некоторый функциональный ресурс (ФР), состоящий из имеющегося набора функционально завершенных модулей.

Известно, что первым функциональным модулем (ФМ) в измерительной системе, воспринимающим измеряемую физическую величину (ФВ), должен быть первичный измерительный преобразователь (ПИП). В данном случае, для решения задачи исследования зарядовых и частотных свойств гетероструктур в составе приборов с зарядовой связью (ПЗС), в качестве ПИП использовались экспериментальные установки (ЭУ) для измерения высокочастотных (ВЧ) и низкочастотных (НЧ) вольт-фарадных характеристик (ВФХ), изотермической релаксации емкости (ИРЕ), термостимулированных токов поляризации (ТСП) и деполяризации (ТСД), микрополосковых антенн СВЧ/КВЧ и формирователей сигналов изображения на ПЗС.

Необходимые вспомогательные измерительные преобразования в аналоговой части системы производятся с помощью таких ФМ, как устройство выборки и хранения (УВХ), аналоговый коммутатор (АК), нормализатор (Н) и устройство сопряжения (УС). Аналого-цифровое преобразование может производиться одним из пяти имеющихся в составе ФР АЦП с разными характеристиками. Цифроаналоговое преобразование может осуществляться одним из двух разновидностей ЦАП с разными характеристиками. Вспомогательные измерительные преобразования в цифровой части производятся с помощью ФМ, представленных моделями двух цифровых фильтров (ЦФ) и формирователем управляющих сигналов.

Специальное математическое обеспечение ($M_{СМО}$) предназначено для получения искомым ФВ и является индивидуальным для каждого реализуемого метода их измерения.

Таким образом в составе имеющегося ФР, есть однотипные ФМ и, следовательно, он обладает избыточностью (ИФР), то есть принципиальной возможностью перебора различных вариантов измерительных структур для решения задачи их оптимизации.

Из анализа функционального назначения ФМ в составе данного ИФР можно определить модели всех измерительных ситуаций в эксперименте по исследованию зарядовых и высокочастотных свойств гетероструктур, которые он может обеспечивать. Обобщенная модель этих ситуаций имеется в [1,2]. В нашем случае, с учетом вида измеряемых ФВ, уравнение гипотетических измерений в операторной форме будет иметь вид:

$$\lambda_j^* = R_{ЦАП} R_{УПР} R_{СМО} R_{ПИП}^{-1} R_H^{-1} R_{ЦФ} R_{УС} R_{АЦП} R_{АК} R_{УВХ} R_H R_{ПИП} \gamma_j \quad (2)$$

где $R_{ПИП}^{-1}$ и R_H^{-1} - операции, обратные $R_{ПИП}$ и R_H соответственно, λ_j - измеряемая физическая величина, γ_j - входное воздействие (через R условно обозначена операция преобразования). При этом соответствующая гипотетическая измерительная структура в модельной форме будет определяться выражением (3):

$$M_{ЦАП} M_{УПР} M_{СМО} M_S^{-1} M_H^{-1} M_{ЦФ} M_{УС} M_{АЦП} M_{АК} M_{УВХ} M_H M_S \quad (3)$$

Поскольку в (3) уже имеется информация о комбинировании ФМ, то теперь возможен вывод обобщенных математических моделей ФМ, входящих в ее состав.

В структуре приведенных моделей ФМ содержится тип преобразования, вид измеряемого сигнала, модельные обозначения предшествующих ФМ, а также информация о наличии или отсутствии соответствующих ФМ. Разработанный аппарат является основой для синтеза адаптивной системы и входит в состав базы знаний экспертной системы (ЭС).

Приведенные рассуждения позволяют сформулировать основные положения предлагаемой методики синтеза оптимальных измерительных цепей в составе адаптивных систем для физических исследований.

1. Основой синтеза измерительных структур адаптивных систем для физических исследований является функциональный ресурс (ФР), обладающей избыточностью.

2. Необходим вывод гипотетического уравнения измерений, определяющего возможности данного ФР, решающего проблему комбинирования и совместимости входящих в его состав ФМ, в соответствии с требованиями проводимых экспериментов.

3. При компьютерном синтезе измерительных структур на основе имеющегося ФР, создается экспертная система, способная на основе выбранного критерия оптимизации выводить оптимальную измерительную структуру.

Список публикаций:

[1]. Цветков Э.И. *Алгоритмические основы измерений*. –С.-Пб. Энергоатомиздат. 1992.–256с.

[2]. Еид Муса, Цветков Э.И. *Потенциальная точность измерительных автоматов*. –С.-Пб.: СЗО МА, 1999. –80с.

Влияние концентрации олеиновой кислоты на электропроводность магнитной жидкости

Смерек Юлия Леонтьевна

Ставропольский Государственный Университет

Закинян Роберт Гургенович, д.ф.-м.н.

zakinyan@mail.ru

Концентрационная зависимость проводимости магнитной жидкости носит не монотонный характер и при некотором значении объемной концентрации имеет максимум.

Помимо исследований концентрационной зависимости электропроводности от объемного содержания МФ, интерес представляет влияние концентрации поверхностно-активных веществ на электрические свойства МЖ. Для этого помимо образцов промышленного изготовления исследовались магнитные жидкости, полученные методом повторной пептизации из промышленных ферроколлоидов, что позволило "очистить" образец от свободного ПАВ и немагнитных примесей. Сравнительные результаты исследования тонкого слоя (100 мкм) промышленного ферроколлоида и "очищенной" МЖ типа "магнетит в керосине" с объемными концентрациями твердой фазы 9,5 % показали различия в характере изменения величин электроемкости и электропроводности при воздействии постоянного электрического поля: при "очистении" образца, величина удельной электропроводности МЖ резко возрастает. При последующем добавлении олеиновой кислоты в отсутствие поляризирующего напряжения значение проводимости возрастает и имеет максимум при концентрации 4 %. Причем, характер зависимости $\sigma = f(U)$ зависит от величины добавленной олеиновой кислоты, и значение проводимости, при увеличении поляризирующего напряжения, уменьшается значительней, чем в "очищенном" образце. С ростом поляризирующего напряжения снижение электропроводности для "чистой" МЖ и промышленного образца составило соответственно 40 % и 30 %.

Здесь нужно отметить, что в работе установлена зависимость электропроводности раствора олеиновой кислоты в керосине от объемного содержания олеинки, из которой видно, что удельная электропроводность для концентраций $\varphi_{\text{ол}} = 0 - 12\%$ незначительно уменьшается, а затем происходит резкий рост σ . При этом величина удельной электропроводности, при уменьшении толщины слоя в два раза, увеличивается более чем в два раза.

В наших экспериментах исследовалась электропроводность магнитных жидкостей при различном содержании ПАВ в растворителе в широком интервале концентраций дисперсной фазы.

Измерительная ячейка представляла собой цилиндрическую кювету из изолирующего материала с проводящими основаниями в роли электродов. Расстояние между электродами составляло около $0,8 \cdot 10^{-3}$ м. Исследовалась магнитная жидкость типа "магнетит в керосине" с олеиновой кислотой в качестве стабилизатора с различной концентрацией дисперсной фазы (10 %, 5 %, 2,5 %, 1 %, 0,5 %).

Для каждого из исходных образцов получен ряд с различным содержанием олеиновой кислоты. Во всех случаях вольт-амперные характеристики оказались нелинейными. Кроме того, проводимость, определенная из

ВАХ (при $U=30В$) зависит от содержания олеиновой кислоты, при этом характер зависимости различен для магнитной жидкости с различной концентрацией дисперсной фазы (рис. 1)

Кроме того, характер зависимости проводимости ячейки с магнитной жидкостью оказывается зависимым от концентрации магнитной фазы и содержания избыточной олеиновой кислоты в образце (рис. 2). Графики построены для магнитной жидкости с концентрацией магнитной фазы 10 %.

Как видно из рисунка при добавлении олеиновой кислоты проводимость магнитной жидкости увеличивается для одного и того же значения напряжении на электродах. Характер зависимостей на рисунке 2 очевидно обусловлен образованием объемного заряда в приэлектродной области.

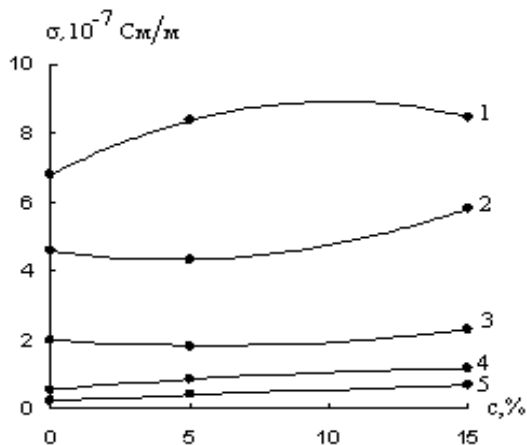


Рис. 1.

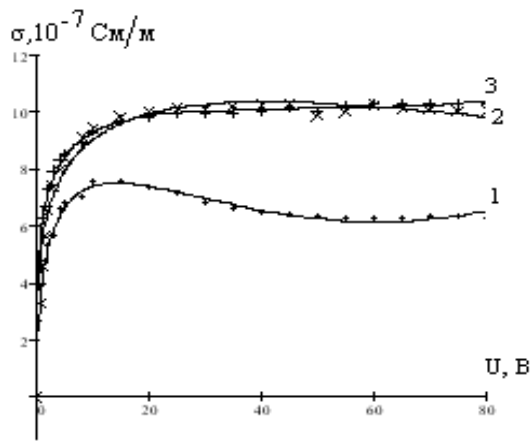


Рис. 2.

Таким образом, анализ проведенных исследований позволяет сделать вывод, что электропроводимость магнитной жидкости действительно определяется избытком ПАВ в растворителе. Вместе с тем, характер этой зависимости существенно отличается для магнитных жидкостей с различной концентрацией дисперсной фазы, что может указывать на сложный механизм проводимости в магнитных жидкостях, для выяснения которого необходимо дальнейшее исследование.